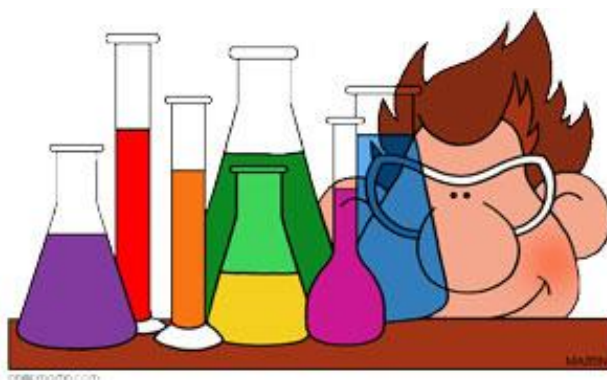




KEMIJA S VJEŽBAMA

Interna skripta za treći razred prirodoslovne gimnazije



Autor: Vedran Vulić

TABLICA SADRŽAJA

PISANJE LABORATORIJSKOG DNEVNIKA	3
PRAVILA REDA I RADA – MJERE SIGURNOSTI PRI RADU U KEMIJSKOM LABORATORIJU	4
PRUŽANJE PRVE POMOĆI U KEMIJSKOM LABORATORIJU	5
GRAFIČKI I TABLIČNI PRIKAZ PODATAKA	7
Naziv vježbe: Kemijska ravnoteža	10
REDOKS REAKCIJE	11
Naziv vježbe: Redoks reakcije	12
KOMPLEKSNI SPOJEVI	13
REAKCIJE KATIONA I NJIHOVO ODJELJIVANJE	17
Kationi I. analitičke skupine	18
Kationi I. analitičke skupine u smjesi	18
Kationi III. analitičke skupine	19
Kationi III. analitičke skupine u smjesi	20
ODJELJIVANJE I DOKAZIVANJE KATIONA I. I III. ANALITIČKE SKUPINE U SMJESI	21
REAKCIJE ANIONA I NJIHOVO ODJELJIVANJE	22
Anioni I., II., IV. i V. analitičke skupine	23
MJERENJE VOLUMENA I ODMJERNO POSUĐE	24
VOLUMETRIJA	25
Priprema otopine klorovodične kiseline nazivne koncentracije	26
Standardizacija otopine klorovodične kiseline	27
Titracija jake kiseline jakim lužinom	28
Titracija slabe kiseline jakim lužinom	29
Potenciometrijska titracija	30
Konduktometrijska titracija	32
Konstanta produkta topljivosti	34
ANALIZA VODE – KARBONATNA TVRDOĆA VODE	36
Karbonatna tvrdoća vode	36
ANALIZA VODE – UKUPNA TVRDOĆA VODE	37
Ukupna tvrdoća vode	37
ANALIZA VODE – NEKARBONATNA TVRDOĆA VODE	38
Određivanje kalcija i magnezija u vodi	38
Određivanje klorida po Mohru	39
Priprema otopine kalijeva permanganata	40
Standardizacija otopine kalijeva permanganata	41
Određivanje mase oksalne kiseline u uzorku	42

Određivanje željeza po Zimmermann-Reinhardt	43
Sinteza kompleksnog spoja	44
Naziv vježbe: Analiza kompleksnog spoja	45
ELEKTROKEMIJA	47
Elektrokemijski niz metala – relativna jakost oksidansa i reducensa	48
Elektroliza	49
Galvanski članak – Niz elektrodnih potencijala	51
Faradayevi zakoni elektrolize – Elektrolitička rafinacija bakra	52
Dodatak	54
Rashladne smjese i sredstva za sušenje	55
Literatura	56

PISANJE LABORATORIJSKOG DNEVNIKA

Svaka vježba u laboratorijskom dnevniku treba sadržavati sljedeće sastavnice napisane **točno ovim redoslijedom**:

1.) NAZIV VJEŽBE – naziv vježbe koji jasno daje naslutiti o čemu će biti riječ

2.) RADNI ZADATK – radni zadatak vrlo kratko i pobliže opisuje naziv vježbe, odnosno pokazuje cilj vježbe

3.) PRIBOR I KEMIKA LIJE – potrebno je navesti sav stakleni, metalni, porculanski i ostali pribor koji se koristio tijekom vježbe; također, potrebno je navesti i sve kemikalije (naziv i kemijsku formulu) te njihova agregacijska stanja kao i koncentraciju

4.) OPIS POSTUPKA – kratko opisati postupak koji se koristio tijekom rada. Opis postupka mora biti svakome tko ga čita jasan do te mjere da ga može izvesti bez poteškoća.

5.) SKICA APARATURE – skica aparature crta se rukom, **NAŠILJENOM** grafitnom olovkom ili tehničkom olovkom uz pomoć **PRIBORA ZA CRTANJE** (ravnalo, trokut); na crtežu je potrebno naznačiti što se nalazi u pojedinom dijelu aparature; crteži trebaju biti uredni i pregledni te treba paziti na omjere. Aparatura se sastoji od minimalno **DVA DIJELA**. Npr. Ako se cijela vježba izvodila u jednoj ili više čaša i/ili epruvetama to NIJE aparatura.

6.) OPAŽANJA – kratkim rečenicama ili natuknicama potrebno je navesti sva bitna opažanja, tj. sve ono što ste **VIDJELI, OSJETILI MIRISOM, OPIPOM** ili **SLUHO**M. Npr.: Miješanjem plave otopine A i zelene otopine B nastaje žuti talog. Dodatak bezbojne otopine C nastalom žutom talogu, uzrokuje pojavu mjehurića i nestanak taloga.

7.) JEDNADŽBA KEMIJSKE REAKCIJE – opis promjene simbolički je prikaz (zapis) promjene koja se dogodila u vježbi bilo da se radi o kemijskoj ili fizikalnoj promjeni; sve kemijske promjene opisuju se jednadžbama kemijske reakcije u kojima se **OBAVEZNO** naznačuje **AGREGACIJSKO STANJE** svakog sudionika reakcije, a piše se u ravnini s kemijskim simbolima (NE u INDEKSU); za opis fizikalnih promjena i hodograma pokusa koristiti sheme i **dijagrame tijeka**.

8.) REZULTATI MJERENJA – kod rezultata mjerenja ili eksperimentalnih podataka potrebno je zapisati sve odmjerene volumene tekućine ili odvagane mase tvari; ukoliko ima puno podataka, podaci se mogu organizirati tablično radi bolje preglednosti; **TABLICA IMA SVOJ NAZIV KOJI SE PIŠE IZNAD SAME TABLICE! IZA BROJA SLIJEDI KRATAK OPIS ŠTO TABLICA PRIKAŽUJE!**

9.) RAČUN – izračun mora sadržavati sve izraze i formule, pravilne oznake fizikalnih veličina (m , V , p , ...) i mjerne jedinice **u svakom koraku računa**

10.) GRAFIČKI PRIKAZ – grafovi se crtaju **NAŠILJENOM** grafitnom olovkom ili tehničkom olovkom na **milimetarskom papiru** koji treba zalijepiti u dnevnik rada; **SVAKI GRAF IMA SVOJ NAZIV KOJI SE PIŠE ISPOD SLIKE, A U NASTAVKU SLIJEDI KRATAK OPIS ŠTO PRIKAŽUJE GRAF**; u prvom polugodištu grafove crtate rukom, a u drugom možete koristiti alat MS Excel – vidjeti **Grafički i tablični prikaz podataka**

11.) ZAKLJUČAK – u zaključku treba kratko objasniti uočene promjene, iznijeti i komentirati najvažnije rezultate pokusa; zaključak se uvijek i prije **svega iznosi na temelju opažanja, jednadžbe kemijske reakcije odnosno promjene do koje je došlo**; osim toga, treba navesti načine kako bi se moglo postići bolje rezultate i objasniti gdje su eventualni nedostaci eksperimenta; također, u zaključku se **MORA u jednoj rečenici odgovoriti na RADNI ZADATAK**; primjerice ako je radni zadatak: odrediti gustoću uzorka metala, onda u zaključku jedna rečenica mora biti: gustoća uzorka metala iznosi g/mL te se prema literaturnim podacima može zaključiti da je uzorak metala olovo;

LABORATORIJSKI DNEVNIK DIO JE PRIBORA I UVIJEK GA MORATE IMATI NA VJEŽBAMA! NASTAVNIK MOŽE BEZ PRETHODNE NAJAVE OD UČENIKA ZATRAŽITI LABORATORIJSKI DNEVNIK NA PREGLED TE GA OCIJENITI!

PRAVILA REDA I RADA – MJERE SIGURNOSTI PRI RADU U KEMIJSKOM LABORATORIJU

Zbog mnogih opasnosti koje prijete u laboratoriju, treba ponoviti način rada, mjere sigurnosti i opreza. Neoprezan i nepromišljen pristup radu u kemijskom laboratoriju može lako izazvati nezgodu. Zbog toga svaki član laboratorijskog kolektiva mora biti potpuno i ozbiljno svjestan svojih dužnosti:

- proučiti dobro propis za rad, raditi pažljivo, te se pridržavati svih uputstava,
- za vrijeme boravka u laboratoriju i tijekom izvođenja vježbi potrebno je nositi **ZAKOPČANU** pamučnu ili lanenu **KUTU** i **zaštitne naočale**,
- osobe koje imaju dužu kosu, obavezno povezuju kosu,
- prilikom rada s koncentriranim kiselinama i/ili lužinama, uz prethodno navedenu zaštitnu opremu, obavezno je i nošenje zaštitnih rukavica,
- zaštitne rukavice se nikada ne nose pri radu s plinskim plamenikom,
- pripremiti sve što je potrebno za rad i sve što bi moglo zatrebati tijekom izvođenja vježbe,
- posuđe kojim se služite pri izvođenju vježbe mora biti čisto, a svi ostaci po završetku vježbe, moraju se baciti u za to određenu posudu,
- kemikalije iz laboratorija ne uzimati niti odnositi, za bilo kakvu upotrebu, izvan laboratorija,
- apsolutno svaku kemikaliju smatrati otrovom i tako se odnositi prema njoj,
- kemikalije se ne pipetiraju ustima, već korištenjem propipete,
- otvor epruvete (posude) pri zagrijavanju držati okrenut od sebe, ali paziti na kolegu/icu,
- pri sastavljanju aparatura uvijek ispitati sve cijevi na aparaturi (da nije neka slučajno začepljena) jer može doći do eksplozije,
- ne nositi u laboratorij ukrasne predmete (posebno one vrijedne), jer u slučaju štete škola ne odgovara - nastojati da laboratorij uvijek bude dobro proventiliran,
- prati ruke nakon izvedene vježbe, **NE jesti i NE piti u laboratoriju**,
- ne ostavljati aparaturu bez nadzora dok se reakcija odvija,
- nikada ne raditi sam/a u laboratoriju,
- voditi brigu o urednosti i organiziranosti radnog mjesta u laboratoriju,
- oprezno postupati pri radu s lako hlapljivim i lakozapaljivim tvarima (npr. eter, aceton, alkohol, benzin i sl.). Ove tekućine ne smiju se držati u otvorenim bocama ili posudama koje se ne mogu potpuno zatvoriti (pare ovih tvari u smjesi sa zrakom su lakozapaljive i eksplozivne smjese),
- lako hlapljive i lako zapaljive tvari ne grijati otvorenim plamenom (ne paliti plamenik u blizini ovih tvari), a najbolje je s ovim kemikalijama raditi s posebnim oprezom u digestoru,
 - prije napuštanja radnog mjesta i laboratorija: **ugasiti sve plinske plamenike, zatvoriti dovode plina i vode, isključiti električne grijače i druge uređaje, spremite reagense na svoje mjesto, obrisati sve izljeve i radno mjesto**
- ako se i pored sveg opreza dogodi nezgoda pozvati:

194 - hitna pomoć,

193 - vatrogasci,

112 - poziv za žurnu pomoć.

PRUŽANJE PRVE POMOĆI U KEMIJSKOM LABORATORIJU

GHS PIKTOGRAMI OPASNOSTI

Da bi se olakšala trgovina na svjetskoj razini i istovremeno zaštitilo zdravlje ljudi i okoliš, u okviru Ujedinjenih naroda (UN) su tijekom 12 godina brižljivoga rada izrađeni usklađeni kriteriji za razvrstavanje i označivanje, koji su rezultirali Globalno usklađenim sustavom razvrstavanja i označivanja kemikalija (GHS).

Opasnosti pri upotrebi opasnih tvari i smjesa prikazane su piktogramima u obliku romba s crvenim obrubom.

					
nagrizajuće	eksplozivno	zapaljivo	opasno za vodeni okoliš	oksidirajuće	opasno za zdravlje

		
otrovno	plin pod tlakom	štetno

U kemijskom laboratoriju postoji mogućnost od raznih povreda tijekom rada zato svaka osoba koja radi u kemijskom laboratoriju mora znati osnove prve pomoći, odnosno osnovne postupke kako pomoći sebi ili drugoj povrijeđenoj osobi. U kemijskom laboratoriju povrede možemo svrstati u nekoliko najčešćih kategorija.

1.) OPEKLINE

- najčešće nastaju zbog hvatanja vrućih predmeta golim rukama, ali mogu nastati i zbog polijevanja vrućim tekućinama
- opečeno mjesto potrebno je hladiti pod mlazom hladne vode iz vodovoda (optimalno 15 °C); **NIKAKO koristiti led, masti, kreme, praškove i ostale pripravke te ih stavljati na opečeno mjesto** (Zašto?)
- ako je opekline veća i došlo je do stvaranja plikova na opečeno mjesto potrebno je staviti **ALUPLAST** (flaster za opekline) pri čemu **metalizirana (srebrnosiva) strana ide na opečeno mjesto – HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**

2.) POSJEKOTINE

- najčešće nastaju pri radu sa staklenim priborom, a okarakterizirane su vanjskim krvarenjem
- ako je posjekotina manja, a krvarenje kapilarno ono prestaje samo po sebi ili se zaustavlja stavljanjem manjeg ili većeg flastera ranu koja se prethodno može očistiti antiseptičkim sredstvom za rane, kao što je primjerice *Octenisept* – **NE ČISTITI RANU ALKOHOLOM, MAZATI KREMAMA, MASTIMA ILI BILO KAKVIM DRUGIM PRIPRAVCIMA**
- ukoliko je posjekotina veća, a krvarenje vensko ili arterijsko, potrebno je provjeriti je li u rani ostao komadić stakla i odstraniti ga sterilnom pincetom; napraviti stisak (kompresiju) na žilu koja je blizu posječenog mjesta; u pravilu na ruku (nadlaktica); na ranu se stavlja kompresivni zavoj – **HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**

3.) POVREDE UZROKOVANE KEMIJSKIM DJELOVANJEM REAGENSA

- najčešće su povrede kože i očiju, a nastaju zbog ne nošenja zaštitnih rukavica odnosno zaštitnih naočala – **UVIJEK NOSITI ZAŠTITNE NAOČALE**
- najopasnije kemikalije u laboratoriju su jake i koncentrirane kiseline i lužine - ako kiselina ili lužina dospije na kožu potrebno je poliveno mjesto odmah obrisati krpom i ispirati pod mlazom tekuće vode; **NE NEUTRALIZIRATI KOŽU SLABIM KISELINAMA ILI LUŽINAMA**
- dođe li do vidljivih promjena na koži (u vidu plikova, opekline, mjehura...) potrebno je odmah zatražiti medicinsku pomoć
- ako kiselina ili lužina dospije u oko potrebno je što prije oko dugotrajno ispirati (**minimalno 15 minuta**) pod mlazom vode i **HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**

4.) TROVANJA

- najčešće nastaju uslijed udisanja otrovnih para ili gutanja štetnih kemikalija
- ukoliko je došlo do gutanja treba postupiti ovisno o tome što je progutana tvar; ako je progutana tvar kiselina, lužina, soli teških metala, benzin, petrolej, otapala za boje ili tvar koja uzrokuje pjenjenje - **NIKAKO SE NE IZAZIVA POVRAĆANJE - HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**
- kod ostalih progutanih tvari, popiti 2 – 3 žlice aktivnog ugljena (*carbo medicinalis*) u čaši vode; NE davati aktivni ugljen ako je progutana kiselina ili lužina
- ukoliko je došlo do udisanja štetnih para ili plinova, nesrećenu osobu potrebno je izvesti na svjež zrak, a u slučaju otežanog disanja ili gubitka svijesti, osobu postaviti u **bočni položaj, provjeravati disanje i puls te HITNO ZATRAŽITI MEDICINSKU POMOĆ**
- kontaktirati **Centar za kontrolu otrovanja (CKO) na broj: 01 / 2348 - 342**

5.) POŽARI

- u laboratoriju uzroci požara mogu biti razni
- vrlo je važno **znati što gori** u laboratoriju, tj. što je izazvalo požar (npr. nije svejedno gori li obična tkanina, električna instalacija, organsko otapalo ili je požar izazvao zapaljen natrij)
- u slučaju većih požara obavezno nazvati vatrogasce na broj **193**
- prije napuštanja laboratorija, potrebno je:
 - 1.) zatvoriti sve plinske ventile, uključujući i **GLAVNI** plinski ventil
 - 2.) upaliti svjetlo
 - 3.) zatvoriti sve prozore (onemogućiti dotok zraka)
 - 4.) što brže napustiti laboratorij prateći plan evakuacije (na vratima svih učionica i laboratorija)

SADRŽAJ ORMARIĆA PRVE POMOĆI

dimenzije: 370 x 300 x 150 mm

- 2 paketa po 25 kompresra sterilne hidrofilne gaze (10 x 10 cm)
- 1 boca dezinfekcijskog sredstva (250 mL)
- 1 boca vodikova peroksida (250 mL)
- 1 vrećica rashladnog sredstva
- 1 gumena vrpca za stezanje
- 1 paket flastera (20 flastera u 4 različite veličine)
- 1 par zaštitnih rukavica
- 1 flaster u kolutu (5 m x 1,25 cm)
- 1 neistkan sterilan pokrov za opekline (60 x 40 cm)
- 2 zavoja (kolut, 4 m x 5 cm)
- 1 zavoj (kolut, 4 m x 7 cm)
- 1 metalne škariće dužine 10 cm s plastičnim ručicama
- 6 sigurnosnih igala („ziherice“)
- 1 sapun od 15 grama
- 4 paketa hidrofilne vate po 50 grama
- 2 plastične udlage (182 x 25 x 3 mm)
- 1 posudica za pod bradu



GRAFIČKI I TABLIČNI PRIKAZ PODATAKA

Grafički prikaz – prikaz podataka u koordinatnom sustavu

Eksperimentalno dobiveni podatci, radi što zornijeg prikaza, predaju se tablično i grafički. Kod izrade grafičkog prikaza za niz eksperimentalno dobivenih podataka treba voditi računa o nekim jednostavnim pravilima:

- Ispravno navesti što graf prikazuje, primjerice, *Ovisnost topljivosti bakrova(II) sulfata o temperaturi*.
- Na apscisu (x-os) nanosimo nezavisno promjenljivu veličinu (nezavisna varijabla), a na ordinatu (y-os) zavisno promjenljivu veličinu (zavisna varijabla).
- Naznačiti značenja osi korištenjem omjera simbola **odgovarajuće fizikalne veličine i mjerne jedinice**.
- Odrediti veličinu dijelova skale na pojedinim osima tako da se točno definira vrijednost između dviju podjela na osi, što ovisi o veličini zadanog dijagrama i rasponu dobivenih vrijednosti. Ako bi u dijagramu ostala velika praznina, **ishodište koordinatnog sustava ne mora imati vrijednost nula, već vrijednosti treba odabrati tako da iskoristimo veći dio površine predloženog grafa**. Veličina dijelova skale na pojedinim osima ne mora biti jednaka.
- Eksperimentalno dobivene podatke treba jasno naznačiti kao **točke** u grafu. Točke se mogu **zaokružiti kružićem (•)** ili prikazati u **obliku križića (x)**.
- Kod crtanja eksperimentalne krivulje ili pravca **NE spajamo točke ravnom crtom**, od točke do točke, već nastojimo pogoditi matematičku ovisnost te krivulje ili pravca povlačeći je tako da ona prolazi kroz veći broj točaka, ali i da podjednak broj točaka bude iznad ili ispod krivulje. **Dobivena krivulja ili pravac NE MORA prolaziti kroz SVE točke** jer je moguće da su pojedina mjerenja izvedena s određenom eksperimentalnom pogreškom.

Grafički prikaz u MS Excel (2010)

Prilikom obrade podataka na vježbama iz fizikalne kemije, često puta je potrebno podatke prikazati grafički u čemu može poslužiti MS Excel

Osnovne upute za prikazivanje grafova u MS Excelu:

- 1.)** U ćelije se uvijek prvo unosi nezavisna varijabla (vrijednosti koje će se nalaziti na x osi), a tek onda zavisna varijabla (vrijednosti koje će se nalaziti na y osi) – **OVO JE NAJVAŽNIJI KORAK I NIKAKO SE VRIJEDNOSTI X I Y NE SMIJU ZAMIJENITI!**
- 2.)** Nakon unosa svih x i svih y vrijednosti, držanjem lijevog klika miša označe se oba stupca i iz gornjeg izbornika odabere **INSERT (UMETNI) → SCATTER (GRAF)** i to prvi koji nema nikakve linije ili crte.
- 3.)** Nako toga, odmah se pojavljuje prikaz pri čemu još nema oznaka osi. Sada je potrebno obrisati sve pomoćne linije, kao i oznaku **Series 1** (klikom na linije i **Series 1** i tipka Delete).
- 4.)** S obzirom da su točke označene s rombovima, to treba promijeniti ili u **•** ili **x**, a veličinu treba postaviti na 4; DESNI klik na oznake (romb) → **FORMAT DATA SERIES → MARKER OPTIONS → BUILT-IN → TYPE (• ili x) → SIZE (4)**
- 5.)** Sada je potrebno prilagoditi x i y os, tj. početne vrijednosti na grafu tako da bude ispunjena cijela površina grafa – **GRAF NE MORA I NE TREBA POČINJATI OD ISHODIŠTA (0,0)**; najprije lijevi, a potom desni klik na vrijednosti x os – **FORMAT AXIS → MINIMUM** (upisati vrijednost koja bi najbolje odgovarala) – isti postupak je i za y os. Također, nije loše upisati i podjelu osi (**MAJOR UNIT**) – upisati vrijednost koja bi najbolje odgovarala (bolje je upisati manju vrijednost od one koju je Excel odredio, jer je kasnije lakše iščitavati graf)

6.) Nakon toga, nije loše dodati oznake. Ponovno, lijevi, a potom desni klik na vrijednosti x osi; **FORMAT AXIS** → **MAJOR TICK MARK TYPE** → **INSIDE**; **MINOR TICK MARK TYPE** → **INSIDE**

7.) Nakon toga, potrebno je dodati liniju koja najbolje opisuje dobivenu krivulju – najčešće pravac; desni klik na točku na grafu (sve točke moraju biti označene) → **ADD TRENDLINE** (dodaj crtu trenda) → **LINEAR** → **DISPLAY EQUATION ON CHART** (prikaži jednadžbu na grafu)

8.) **OVO JOŠ UVIJEK NIJE GRAF!** Naime, još nema oznaka osi. S gornje alatne trake, odabere se **LAYOUT** (Poredak) → **AXIS TITLE** (naziv osi) → **PRIMARY HORIZONTAL AXIS TITLE** → **TITLE BELOW AXIS**; sada je prikazan mali prozor ispod grafa u koji se upisuje fizikalna veličina i mjerna jedinica.

9.) **FIZIKALNA VELIČINA SE UVIJEK PIŠE U NAKOSO (ITALIC)**: V , m , p ... osim pH. Nakon fizikalne veličine se stavlja kosa crta (/) i onda ide mjerna jedinica. Ako je mjerna jedinica složena treba je pisati kao umnožak. **Npr.: $c / \text{mol dm}^{-3}$, a NE $c / \text{mol/dm}^3$ jer je zbunjujuće.** Eksponent ili indeks se dodaju tako da se prvo sve upiše u jednom redu, a potom se označi držeći lijevi klik i kod gornjeg izbornika odabere **FONT** te potom **SUPERSCRIPT** (eksponent) (ili **SUBSCRIPT** (indeks)).

10.) Graf je gotov. Graf se može normalno kopirati u, npr. Wordov dokument i ispisati te zalijepiti u dnevnik. **Graf je slika i ispod nalijepljenog grafa mora pisati: Slika 1. (ili već koji broj slike je po redu) i naziv, tj. opis što graf prikazuje.**

11.) Ako je potrebno nešto računati, naravno da je apsolutno dozvoljeno koristiti jednadžbu pravca koju je Excel odredio i iz nje računati nepoznatu vrijednost. Također, i na samom ispisanom grafu, može se ucrtati tražena vrijednost.

Tablični prikaz

Obratite pozornost pri definiranju zaglavlja tablice. Kao i u grafičkom prikazu, simbol odgovarajuće fizikalne veličine također treba podijeliti mjernom jedinicom.

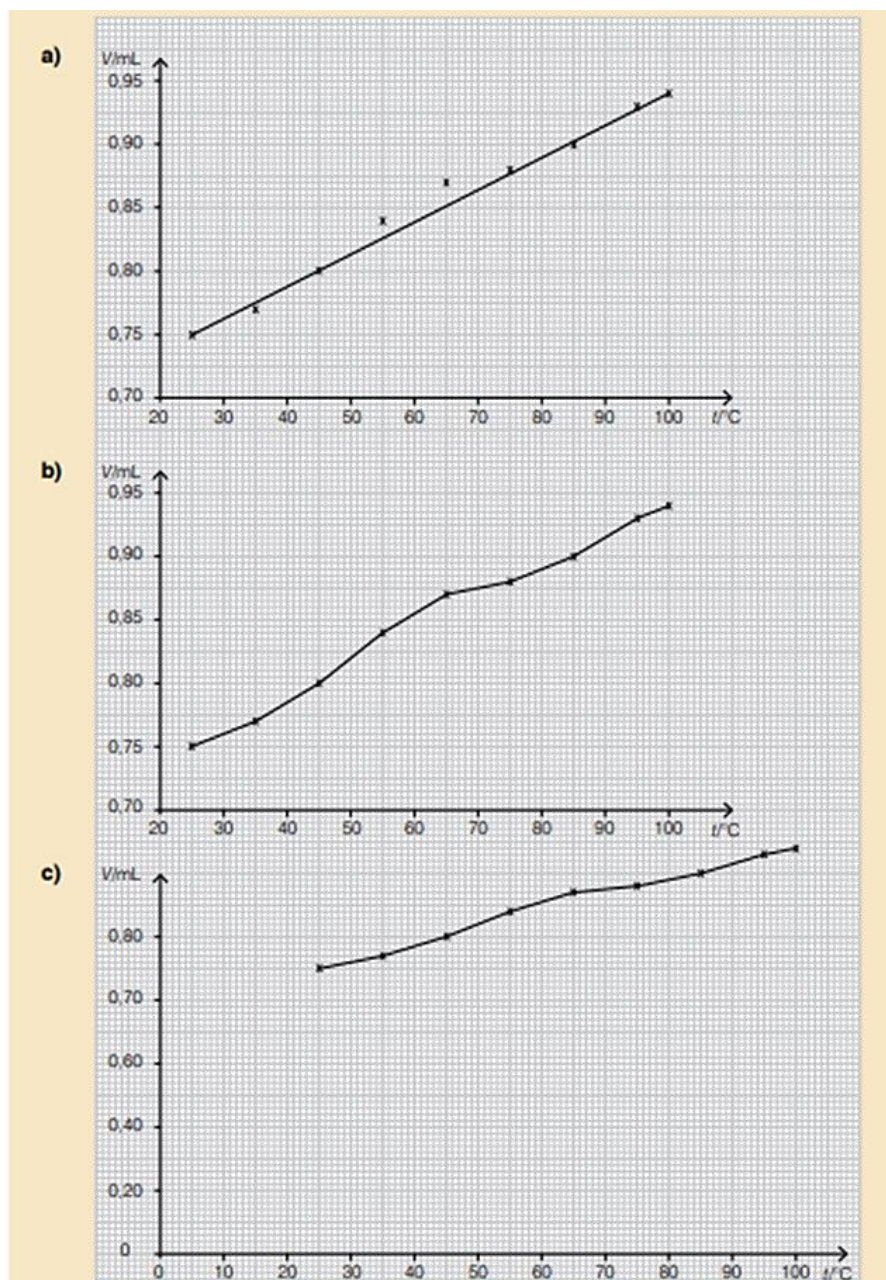
U tablici su navedeni podatci mjerenja promjene volumena plina s temperaturom pri konstantnom tlaku. Prikaži grafički **ovisnost volumena plina o temperaturi** pri konstantnom tlaku.

Iz zadnje navedene rečenice slijedi kako je **volumen plina zavisno promjenljiva veličina (zavisna varijabla)** te se vrijednosti volumena plina ucrtavaju na ordinatu (y-os), a temperatura je **nezavisno promjenljiva veličina (nezavisna varijabla)** te se vrijednosti temperature ucrtavaju na apscisu (x-os)

Grafički prikaz ovisnosti volumena plina o temperaturi pri konstantnom tlaku.

a) ispravno crtanje grafa; b) i c) neispravno crtanje grafa

V/mL	t/°C
0,75	25
0,77	35
0,80	45
0,84	55
0,87	65
0,88	75
0,90	85
0,93	95
0,94	100



Napomena: Umjesto izraza *konstantni tlak* može i treba se navesti koliki je bio taj konstantni tlak u uvjetima izvođenja eksperimenta (npr. 1 bar, 1 atm, 101,3 kPa...). Također, nije naodmet navesti i o kojem je plinu riječ (npr. vodik, dušik, kisik, helij...).

Naziv vježbe: Kemijska ravnoteža

Radni zadatak: Ispitati utjecaj koncentracije i temperature na pomak kemijske ravnoteže

Utjecaj koncentracije na pomak kemijske ravnoteže

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, čaša od 100 mL, otopina željezova(III) klorida, (FeCl_3 , aq), otopina amonijeva tiocijanata (NH_4SCN , aq), otopina i/ili čvrsti amonijev klorid (NH_4Cl , aq/s), destilirana voda

Opis postupka:

- 1.) Ulijte u čašu od 100 mL oko 5 mL otopine željezova(III) klorida, 5 mL razrijeđene otopine amonijeva tiocijanata. Uočite boju otopine. Dodajte destilirane vode dok otopine ne postane svjetlocrvena.
- 2.) Ulijte 2 – 3 mL pripremljene otopine u 4 epruvete. Prva epruveta služi kao standard, tj. uzorak za usporedbu.
- 3.) Ulijte u drugu epruvetu oko 2 mL otopine željezova(III) klorida. Zabilježite opažanja.
- 4.) Ulijte u treću epruvetu otopine oko 2 mL otopine amonijeva tiocijanata. Zabilježite opažanja.
- 5.) Ulijte (ili dodajte nekoliko kristalića čvrstog amonijeva klorida) u četvrtu epruvetu oko 2 mL otopine amonijeva klorida. Zabilježite opažanja.
- 6.) Napišite jednadžbu kemijske reakcije i predvidite pomak kemijske ravnoteže ovisno o dodanoj otopini.

Utjecaj temperature na pomak kemijske ravnoteže

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, tri čaše od 100 mL, kuhalo za vodu, led, otopina kobaltova(II) klorida, (CoCl_2 , aq), klorovodična kiselina (HCl , aq).

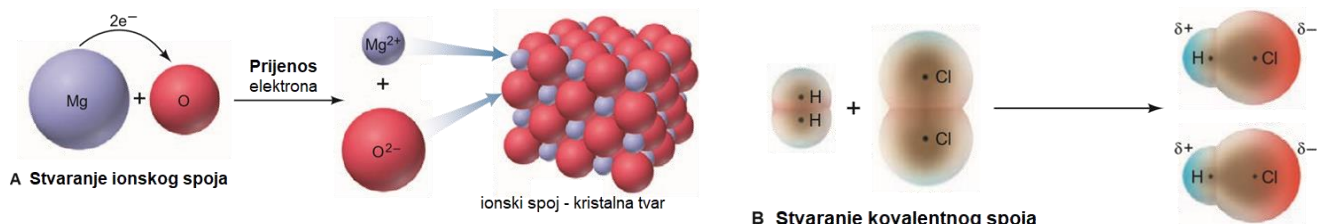
OPREZ! RAD S KONCENTRIRANOM KLOROVODIČNOM KISELINOM!

Opis postupka:

- 1.) Ulijte u epruvetu 2 – 3 mL otopine kobaltova(II) klorida (Co^{2+} , aq) i dodajte punu kapalicu koncentrirane klorovodične kiseline (u digestoru). Protresite sadržaj. Uočite boju otopine prije i nakon dodatka klorovodične kiseline. Razdijelite dobivenu otopinu u tri, odnosno dvije, epruvete.
- 2.) U kuhalo za vodu, ugrijte vodovodnu vodu dok ne zavrije i vodu ulijte u čašu od 100 mL. Usitnite led i stavite ga u drugu čašu od 100 mL te dodajte malo vodovodne vode.
- 3.) Prvu epruvetu ostavite u stalku (uzorak za usporedbu), drugu epruvetu stavite u čašu s vrućom vodom, a treću epruvetu postavite u čašu sa smjesom leda i vode. Zabilježite opažanja.
- 4.) Zamijenite drugu i treću epruvetu, tj. drugu epruvetu sada stavite u čašu s ledom i vodom, a treću u čašu s vrućom vodom. Što primjećuješ?
- 5.) Napiši jednadžbu kemijske reakcije i na temelju opžanja napiši je li reakcija endotermna ili egzotermna i objasni utjecaj temperature na pomak kemijske ravnoteže.

REDOKS REAKCIJE

- naziv za **re**dukcijsko-**ok**sidacijske reakcije u kojima dolazi do prijenosa elektrona
- do redoks reakcija dolazi prilikom stvaranja **IONSKE** i **KOVALENTNE VEZE**



- osim kod stvaranja veza, redoks reakcije omogućuju izjednačavanje (stehiometrijski brojevi) broja atoma na strani reaktanata i produkata kod složenijih kemijskih promjena te su važne kod pisanja elektrokemijskih reakcija (elektrolizni članak i galvanski članak)

- **OKSIDACIJA** – proces **ot**puštanja elektrona (praćena **porastom** OKSIDACIJSKOG BROJA)

- **REDUKCIJA** – proces **pr**imanja elektrona (praćena **smanjenjem** OKSIDACIJSKOG BROJA)

- **OKSIDACIJSKO SREDSTVO (OKSIDANS)** – kemijska vrsta koja se **REDUCIRA**, ali **potiče** drugu kemijsku vrstu, s kojom reagira, **na oksidaciju**

- **REDUKCIJSKO SREDSTVO (REDUCENS)** – kemijska vrsta koja se **OKSIDIRA**, ali **potiče** drugu kemijsku vrstu, s kojom reagira, **na redukciju**

Oksidacijski broj i metoda oksidacijskog broja pisanja redoks reakcija

- **OKSIDACIJSKI BROJ** – stupanj oksidacije, tj. **hipotetski** broj kojeg atomi imaju kada bi sve veze među atomima bile u potpunosti ionske

- **oksidacijski broj NIJE isto što i formalni naboj**

Osnovna pravila za određivanje oksidacijskog broja:

- 1.) Oksidacijski broj atoma u elementarnom stanju uvijek je 0 (npr. Na, Fe, H₂, P₄...).
- 2.) Oksidacijski broj **vodika u spojevima je I** (npr. H₂O), osim u **hidridima metala**, gdje je **-I** (npr. NaH, CaH₂...).
- 3.) Oksidacijski broj **kisika u spojevima je -II** (npr. MgO, H₂O, H₂SO₄...), osim u **peroksidima**, gdje je **-I** (npr. H₂O₂) i **superoksidima** gdje je **-1/2** (npr. KO₂).
- 4.) Oksidacijski broj atoma metala **prve(I)** i **druge(II)** skupine periodnog sustava elemenata u spojevima **jednak je broju skupine** u kojoj se nalazi taj metal.
- 5.) Zbroj oksidacijskih brojeva u složenom ionu jednak je nabojnom broju tog iona.
- 6.) Oksidacijski broj atoma u ionskim spojevima jednak je nabojnom broju iona.

Ion-naboj metoda pisanja redoks reakcija

- temelji se na dva jednostavna pravila:

- 1.) broj atoma mora biti jednak na strani reaktanata i produkata – zakon očuvanja mase
- 2.) ukupni naboj mora biti jednak na strani reaktanata i produkata – zakon očuvanja naboja

- prije pisanja polureakcija oksidacije i redukcije potrebno je **razdvojiti tvari na ione** - **KISELINE** i **SOLI** (npr. HCl → H⁺ + Cl⁻; MgCl₂ → Mg²⁺ + 2 Cl⁻)

- spojevi s kisikom (oksidi, peroksidi i superoksidi) se **NE RASTAVLJAJU** na ione (npr. MgO, Al₂O₃, Na₂O₂, KO₂, CO₂, H₂O...)

- molekule (kovalentni spojevi) **SE NE RASTAVLJAJU** (npr. H₂, N₂, Cl₂, NH₃...)

Naziv vježbe: Redoks reakcije

Radni zadatak: Provesti neke redoks reakcije, napisati polureakcije oksidacije i redukcije te odrediti oksidacijsko i redukcijsko sredstvo za svaku reakciju

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, aluminijska folija, strugotine bakra, vata, pinceta, šibice, klorovodična kiselina (HCl , aq; 1:1), razrijeđena dušična kiselina (HNO_3 , aq; $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), koncentrirana dušična kiselina (HNO_3 , konc.), otopina kalijeva permanganata (KMnO_4 , aq), sumporna kiselina (H_2SO_4 , aq, $c = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina vodikova peroksida (H_2O_2 , aq), destilirana voda

Opis postupka:

Reakcija aluminija i klorovodične kiseline

1.) U epruvetu stavite smotuljak aluminijske folije i prelijte otopinom klorovodične kiseline. Tijekom 5 minuta promatrajte i bilježite opažanja. Kada reakcija postane burnija, otvoru epruvete prinesite upaljenu šibicu.

2.) U epruvetu stavite smotuljak aluminijske folije i prelijte otopinom dušične kiseline. Što primjećujete?

Reakcija bakra i dušične kiseline

1.) Pripremite **DVA** rahla smotuljka vate koji se jednostavno mogu umetnuti u otvor epruvete.

2.) U epruvetu stavite, **NA VRH** žličice nešto strugotina bakra te dodajte 1 – 2 mL razrijeđene dušične kiseline. Kada se uoči početak reakcije, smotuljak vate stavite na vrh epruvete i promatrajte promjene.

3.) U epruvetu stavite, **NA VRH** žličice nešto strugotina bakra te pincetom držite drugi smotuljak vate. Nastavnik će dodati **3 – 4 kapi koncentrirane dušične** kiseline na strugotine bakra, a učenik **ODMAH** potom stavlja smotuljak vate na otvor epruvete. Bilježite promjene.

4.) Uočite boje otopina u epruvetama sa strugotinama bakra. Kada sav bakar izreagira s koncentriranom dušičnom kiselinom, u epruvetu dodajte oko 1 mL destilirane vode.

Reakcija kalijeva permanganata i vodikova peroksida

1.) U epruvetu stavite oko 0,5 mL otopine kalijeva permanganata i razrijedite s 2 – 3 mL destilirane vode. Otopini dodajte 1 mL sumporne kiseline i 1 mL vodikova peroksida. Sadržaj protreseite i bilježite promjene.

2.) Za sve provedene reakcije napišite polureakcije oksidacije, redukcije te odredite oksidacijsko i redukcijsko sredstvo

Uvod

- kompleksni spojevi zovu se još i koordinacijski spojevi
- 1892. Alfred Werner objavio teoriju o ovim spojevima karakteristične građe
- svaki kompleksni spoj u strukturi sadrži: **1.) CENTRALNI METALNI ION**

2.) LIGAND

- **CENTRALNI METALNI ION** najčešće je ion koji pripada prijelaznim metalima (**3. – 12. skupine**) što je posljedica karakteristične elektronske strukture (npr. Cr^{3+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+})

- **LIGAND** (*lat.* – ligare – vezati, povezivati) su ioni ili molekule koji imaju minimalno jedan elektronski par te ga mogu donirati centralnom metalnom ionu; prema naboju ligandi mogu biti:

1.) NEUTRALNI LIGANDI – npr. neutralne molekule – NH_3 , H_2O , CO , NO , O_2 ...

2.) KATIONSKE LIGANDI – npr. NO^+ (nitrozonijev ion), N_2H_5^+ (hidrazinijev ion)

3.) ANIONSKE LIGANDI – npr. F^- , Cl^- , Br^- , I^- , OH^- , CN^- , CH_3COO^-

- između centralnog metalnog iona i liganda ostvaruje se donorsko-akceptorska veza, tj. **KOVALENTNA VEZA** jer elektronski par postaje zajednički između liganda i centralnog metalnog iona

- ovisno, koliko elektronskih parova ligandi doniraju centralnom metalnom ionu ligandi mogu biti: **MONODENTATNI, DIDENTATNI, TRIDENTATNI, HEKSADENTATNI**... (*lat.* – dentus – zub)

- **KOORDINACIJSKI BROJ** - broj **liganada** vezanih neposredno na centralni ion u kompleksnom spoju; ovisi o prirodi centralnog metalnog iona, njegovoj elektronskoj konfiguraciji, naboju i o njegovoj veličini, kao i o prirodi i veličini liganda

Tablica 1. Prikaz nekih koordinacijskih brojeva i geometrijskih oblika kompleksnih iona

Koordinacijski broj	Geometrijski oblik	Naziv oblika	Primjer
2		linearni	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
3		trigonski planarni	$[\text{HgCl}_3]^-$
4		tetraedar	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
		kvadrat	$[\text{CuCl}_4]^{2-}$
6		oktaedar	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$

Pravila za imenovanje kompleksnih spojeva

- 1.) Ime **kationa** dolazi **prvo**, a iza **sljedi** ime **aniona**.
- 2.) U kompleksnom ionu ili molekuli **ime liganda dolazi prije imena centralnog metalnog iona**.
- 3.) Ako je u spoju **više različitih liganada**, onda se **ligandi navode abecednim redom**.
- 4.) Ako je u spoju **više istih liganada (anorganskog podrijetla)** onda se koriste grčki prefiksi: **di-**, **tri-**, **tetra-**, **penta-** ili **heksa-** (**NE UTJEČU NA ABECEDNI RED**)
- 5.) Ako je u spoju **više istih liganada (organskog podrijetla)** onda se koriste prefiksi: **bis-**, **tris-**, **tetrakis-**, **pentakis-** ili **heksakis-** (**NE UTJEČU NA ABECEDNI RED**)
- 6.) ANIONSKI LIGAND - ime završava na **-o**

NEUTRALNI LIGAND - posebna imena

Tablica 2. Nazivanje nekih od liganada u kompleksnim spojevima

Ligand	Naziv iona / molekule	Naziv u kompleksnom spoju
MONODENTATNI, NEUTRALNI LIGANDI		
H ₂ O	voda	-akva-
NH ₃	amonijak	-ammin-
CO	ugljikov monoksid	-karbonil-
NO	dušikov monoksid	-nitrozil-
MONODENTATNI, ANIONSKI LIGANDI		
F ⁻	fluorid	-fluoro-
Cl ⁻	klorid	-kloro-
Br ⁻	bromid	-bromo-
I ⁻	jodid	-jodo-
OH ⁻	hidroksid	-hidrokso-
CN ⁻	tiocijanat	-cijano-
SCN ⁻		-tiocijanato-S-
NCS ⁻		-tiocijanato-N-
DIDENTATNI, ANIONSKI LIGAND		
C ₂ O ₄ ²⁻	oksalat	-oksalato-

7.) kompleksni ion - **KATION** – **posvojni pridjev** (sufiks **-ov**, **-ev**, **-in**) naziva metala (željez**ov**, bakr**ov**, nikl**ov**, natrij**ev**, živ**in**...)

8.) kompleksni ion - **ANION** - **latinski** naziv metala – sufix **-at**

Tablica 3. Nazivanje metala u kompleksnom anionu

Metal	Kemijski simbol	Latinski naziv	Naziv u kompleksnom anionu
željezo	Fe	Ferrum	-ferat
bakar	Cu	Cuprum	-kuprat
srebro	Ag	Argentum	-argentat
zlato	Au	Aurum	-aurat
olovo	Pb	Plumbum	-plumbat
nikal	Ni	Niccolum	-nikelat
kositar	Sn	Stannum	-stanat
antimon	Sb	Stibium	-stibat
živa	Hg	Hydrargirum	-merkurat!!!

9.) U nazivu kompleksa oksidacijsko stanje metala označava se iza imena metala - rimskim brojem u okruglim zagradama

Naziv vježbe: Kompleksni spojevi

Radni zadatak: Upoznati neke reakcije prijelaznih metala, njihove kompleksne spojeve i imenovati kompleksne spojeve i ione

1. SREBRO, Ag⁺

U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine Ag⁺ i dodajte **1 – 2 kapi** klorovodične kiseline. Protresite sadržaj. Što primjećuješ? U istu epruvetu dodajte oko 1 mL otopine amonijaka i protresite sadržaj. Nakon toga dodajte oko 1 mL dušične kiseline u istu epruvetu. Zabilježite opažanja

Zaključak:

Pitanja: 1.) Imenujte nastali kompleksni spoj srebra - [Ag(NH₃)₂]Cl.
2.) Koliko iznosi maseni udio vodika u [Ag(NH₃)₂]Cl.
3.) Koliko iznosi koordinacijski broj u [Ag(NH₃)₂]Cl? Prikažite kation Lewisovom strukturnom formulom. Koji je prostorni oblik kompleksnog kationa?

2. BAKAR, Cu²⁺

U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine koja sadrži Cu²⁺ u dvije epruvete. U prvu epruvetu dodavajte otopinu amonijaka u **5 serija po 5 kapi**. Nakon svake serije sadržaj epruvete lagano protresite i bilježite promjene. U drugu epruvetu dodajte nekoliko kapi koncentrirane klorovodične kiseline.

Zaključak:

Pitanja: 1.) Imenujte nastale kompleksne spojeve bakra - [Cu(H₂O)₄]SO₄ · H₂O i [Cu(NH₃)₄]SO₄ · H₂O.

3.) NIKAL, Ni²⁺

U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine koja sadrži i Ni²⁺ ione. Otopini dodavajte otopinu amonijaka u **5 serija po 5 kapi**. Nakon svake serije sadržaj epruvete lagano protresite i bilježite promjene.

Zaključak:

Pitanja: 1.) Imenujte nastale kompleksne spojeve nikla - [Ni(NH₃)₄(H₂O)₂]Cl₂ i [Ni(NH₃)₆]Cl₂.
2.) Lewisovim strukturnim formulama prikažite kompleksne katione [Ni(NH₃)₄(H₂O)₂]²⁺ i [Ni(NH₃)₆]²⁺. Koji je prostorni oblik imaju navedeni kompleksni kationi?

4.) KOBALT, Co²⁺

Razrijeđenom otopinom Co²⁺ iona napišite/nacrtajte nešto na papiru. Papir lagano sušite sušilom za kosu ili visoko iznad plinskog plamenika. Što možete primijetiti?

Zadatci:

1.) Imenujte sljedeće kompleksne ione i spojeve: [Ni(H₂O)₅NH₃]²⁺, [Co(H₂O)₆]³⁺, [PtCl₆]²⁻, [Fe(CN)₆]³⁻, [Ag₂(S₂O₃)₃]⁴⁻, [Cr(H₂O)₆]Cl₃, [Co(NH₃)₆](NO₃)₃, K₃[FeF₆], K₂[HgI₄], [CrCl₂(H₂O)₄]Cl, Na[AgCl₂], [Fe(H₂O)₆]³⁺, [Ni(H₂O)₄]Cl₂

2.) Napišite formule sljedećih kompleksnih iona i spojeva: heksaamminkobaltov(III) ion, amonijev heksaklorostanat(IV), pentakloromanganat(III), kalijev heksacijanoferat(III), bakrov(II) heksacijanoferat(II), akvapentaamminklorokobaltov(III) ion, tetrakloromerkuratni(II) ion, natrijev heksaklorostanat(IV)

ANALITIČKA KEMIJA

Analitička kemija je znanost o kemijskoj analizi. Proučava ona fizikalna i kemijska svojstva tvari na osnovi kojih se može zaključiti **kvalitativni** i **kvantitativni** sastav tvari.

(*grč.* *analyo* = razlaganje cjeline na dijelove). Grana je kemije koja se bavi razdvajanjem, identifikacijom i određivanjem komponenata u ispitivanom uzorku, odnosno kvalitativnom i kvantitativnom analizom tvari.

KVALITATIVNA ANALITIČKA KEMIJA utvrđuje (određuje) sastav tvari. (*lat.* *qualitas* = kakvoća)

KVANTITATIVNA ANALITIČKA KEMIJA određuje **količinu** utvrđenih sastavnih dijelova tvari. (*lat.* *quantum* = koliko)

Općenito, u analizi je vrlo važno odrediti i, iz uzorka, izolirati **ANALIT**. Analit je sastavni dio uzorka koji se može identificirati kvalitativnom analizom (što je analit) ili odrediti kvantitativnom analizom (koliko je analita u uzorku).

Metode kemijske analize

Metode u analitičkoj kemiji mogu biti kemijske ili fizikalne, a dijele se prema analitičkom signalu.

U **kvalitativnoj analizi** signal su karakteristična i specifična svojstva npr.: taloženje, topljivost taloga, promjena boje, razvijanje plina i sl.

Kvalitativna analiza može se izvoditi **suhim** i **mokrim** postupkom.

- **Analiza suhim postupkom** temelji se na promjenama koje se zbivaju pri povišenoj temperaturi, a izvodi se zagrijavanjem uzorka u staklenoj cjevčici, taljenjem uzorka, bojanjem plamena.
- **Analiza mokrim postupkom** izvodi se u otopini. Uzorak se otapa u pogodnom otapalu i nakon toga analizira se otopina uzorka.

U **kvantitativnoj analizi** signali su npr.: masa u gravimetriji i elektrogravimetriji, volumen u volumetrijskoj analizi i potenciometriji, refrakcija zračenja u refraktometriji, električni potencijal u potenciometriji, električni otpor u konduktometriji, temperatura u kalorimetriji i dr.

Analize se mogu podijeliti i prema količini uzorka pa se tako razlikuje:

1.) (MAKRO)GRAMSKA ANALIZA – masa tvari je 0,5 – 1 g, odnosno oko 20 mL otopine; reakcije se izvode u tikvicama, čašama većeg volumena

2.) SEMIMIKRO (centigramska) ANALIZA - masa tvari je 0,01 – 0,1 g, odnosno oko 1 mL otopine; reakcije se izvode u epruvetama, kivetama

3.) MIKRO (miligramska) ANALIZA - masa tvari je 0,001 – 0,01 g, odnosno oko 0,1 mL otopine; reakcije se izvode na jažicama i satnim staklima

4.) ULTRAMIKRO (mikrogramska) ANALIZA - masa tvari je do 0,001 g, a volumen do 0,01 mL otopine; reakcije se izvode i prate mikroskopom – forenzička ispitivanja

Za rutinske analize najčešće se koriste **MAKRO** i **SEMIMIKRO ANALIZE**

REAKCIJE KATIONA I NJIHOVO ODJELJIVANJE

Kvalitativna kemijska analiza obavlja se nakon prevođenja uzorka u otopinu. U otopini se nalaze različiti ioni metala i nemetala, koji se ne mogu izravno dokazati u izvornoj otopini. Stoga se kationi dijele u niz manjih skupina, tzv. analitičke skupine. Pripadnost iona nekoj skupini određuje njegova reakcija sa **skupinskim**, odnosno **zajedničkim**, **regensom** s kojim se **kationi izluče iz otopine u obliku teško topljivog taloga**. Svaka skupina obuhvaća razmjerno malen broj kationa i aniona koji se mogu mnogo lakše odijeliti i svaki za sebe dokazati pomoću specifične reakcije.

Kationi se prema vrsti reagensa s kojim stvaraju karakterističan talog dijele u **šest skupina**.

Tablica 1. Podjela kationa po skupinama i zajedničke reagens s kojima stvaraju taloge.

Skupina	Kationi	Zajednički	
		reagens	ion
I.	Ag^+ , Hg_2^{2+} , Pb^{2+}	HCl(aq)	Cl^-
II.a	Hg^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Cd^{2+}	$\text{H}_2\text{S(aq)}$ uz HCl(aq)	S^{2-}
II.b	As^{3+} , As^{5+} , Sn^{2+} , Sn^{4+} , Sb^{3+} , Sb^{5+}		
III.	Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+}	$\text{NH}_3\text{(aq)} + \text{NH}_4\text{Cl(aq)}$	OH^-
IV.	Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}	$(\text{NH}_4)_2\text{S(aq)}$	S^{2-}
V.	Ba^{2+} , Sr^{2+} , Ca^{2+}	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3\text{(aq)}$	CO_3^{2-}
VI.	Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+	nema reagensa	

Tehnike rada u kvalitativnoj analizi

1.) TALOŽENJE

Pojedini ioni dokazuju se u epruveti ili kiveti u volumenu 0,5 – 1 mL. Reagens se dodaje **kap po kap te se nakon svake dodane kapi sadržaj protrese**. Pri naglom dodavanju može se dogoditi da se talog ne uoči jer može biti topljiv u suvišku otapala.

2.) ODJELJIVANJE TALOGA

Talog se odjeljuje klasičnim postupkom dekantiranja i filtriranja pomoću lijevka i filter papira. Također, za brže odjeljivanje dispergiranih (koloidnih) taloga koriste se centrifuge. Dekantiranjem, filtriranjem i centrifugiranjem ne mogu se rastaviti otopljena tvar i otapalo, već se u tom slučaju koristi destilacija.

3.) OTAPANJE TALOGA

Talog se može sastojati od jedne ili više tvari. Tijekom analize može se otopiti sav talog ili samo njegov dio. Metoda se najčešće koristi pri odjeljivanju smjese.

4.) UPARAVANJE

Uparavanjem se uklanja višak otapala da bi se volumen otopine smanjio ili otapalo uparilo do suha. Odimljavanje je slično uparavanju, ali se tako uklanja lako hlapljiva tvar. Uparavanje se može raditi u čašici (smanjenje volumena) odnosno porculanskoj zdjelici ili lončiću (uparavanje do suha).

5.) UKLANJANJE AMONIJEVIH SOLI

Amonijeve soli uklanjaju se u porculanskoj zdjelici. Otapalo se upari do suha, a nakon toga se zagrijava na izravnom plamenu pri čemu amonijeve soli sublimiraju (termički se razlažu) u obliku bijelog dima. Amonijeve soli su uklonjene kada prestane izlaziti bijeli dim.

Naziv vježbe: Kationi I. analitičke skupine

Radni zadatak: Ispitati pojedinačne reakcije s otopinama kationa I. analitičke skupine

Pribor i kemikalije: stalak se epruvetama, plamenik, drvena hvataljka, klorovodična kiselina, amonijak, destilirana voda, kalijev dikromat, natrijev acetat, dušična kiselina

1.) Pojedinačne reakcije s $\text{Ag}^+(\text{aq})$

U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine koji sadrži Ag^+ ione. Dodajte klorovodičnu kiselinu dok ne nastane zanačajna količina taloga (**oko 15 kapi**). Sadržaj protresite, te dodajte otopinu amonijaka dok se talog ne otopi. Dobivenu otopinu razdijelite na dva dijela: jednom dijelu dodajte dušičnu kiselinu, a drugom otopina kalijeva jodida.

2.) Pojedinačne reakcije s $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$

U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine koji sadrži Pb^{2+} ione. Dodajte klorovodičnu kiselinu dok ne nastane zanačajna količina taloga (**oko 15 kapi**). Sadržaj protresite te dodajte oko 2 mL destilirane vode i sadržaj zagrijte do vrenja. Kad se talog otopi dodajte nekoliko kapi otopine kalijeva dikromata i nekoliko kristalića natrijeva acetata. Zašto se dodaje natrijev acetat?

Talog bacite u predviđenu bocu za otpad.

3.) Pojedinačne reakcije s $\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})$

U epruvetu ulijte oko 1 mL otopine koji sadrži Hg_2^{2+} ione. Dodajte klorovodičnu kiselinu dok ne nastane zanačajna količina taloga (**oko 15 kapi**). Sadržaj protresite te dodajte otopinu amonijaka. **Talog bacite u predviđenu bocu za otpad.**

Opažanja:

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Naziv vježbe: Kationi I. analitičke skupine u smjesi

Radni zadatak: Odijeliti i dokazati katione I. analitičke skupine u smjesi

Pribor i kemikalije: stalak se epruvetama, plamenik, drvena hvataljka, klorovodična kiselina, amonijak, destilirana voda, kalijev dikromat, natrijev acetat, dušična kiselina

Opis postupka:

1.) Ulijte u epruvetu 0,5 – 1 mL uzorka otopine. Dodajte klorovodične kiseline kap po kap dok ne nastane znatna količina taloga (20 kapi).

2.) Profiltrajte sadržaj u drugu epruvetu.

3.) Bacite filtrat. U čistoj epruveti zagrijte, do vrenja, 1 – 2 mL destilirane vode.

4.) Lijevak s filter papirom i talogom prenesite na drugu epruvetu te talog prelijte kipućom destiliranom vodom (1 – 2 mL) ugrijanoj u drugoj epruveti.

5.) Filtratu dodajte 3 – 4 kapi otopine kalijeva dikromata i nekoliko kristalića natrijeva acetata. Žuti talog dokazuje prisutnost Pb^{2+} iona u uzorku.

6.) Preostalom talogu na filter papiru dodajte desetak kapi amonijaka. Ukoliko je prisutan Hg_2^{2+} ion, talog će pocrniti.

7.) Nastalom filtratu dodajte dušična kiselina. Nastanak bijelog, sirastog taloga dokaz je prisutnosti Ag^+ iona.

Opažanja:

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Naziv vježbe: Kationi III. analitičke skupine

Radni zadatak: Ispitati pojedinačne reakcije s otopinama kationa III. analitičke skupine

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, kapalice, $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$, $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$, $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$, $\text{NH}_3(\text{aq})$, $\text{NaOH}(\text{aq})$, $\text{HCl}(\text{aq})$, $\text{NH}_4\text{SCN}(\text{aq})$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6](\text{aq})$, otopina alizarina S, $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$, dietil-eter, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$

1.) Pojedinačne reakcije s $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$

Ulijte u dvije epruvete oko 0,5 mL otopine koja sadrži Fe^{3+} ione. U prvu epruvetu dodajte 5 – 6 kapi otopine amonijaka, a u drugu 5 – 6 kapi natrijeve lužine. U jednu epruvetu (po izboru) dodajte klorovodična kiselina dok se talog ne otopi. Dobivenu otopinu razdijelite na dva dijela: jednom dijelu dodajte **1 kap** otopine amonijeva tiocianata, a drugom **1 kap** otopine kalijeva heksacianoferata(II). Prvoj otopini dodajte još natrijeve lužine (u suvišku) i promatrajte što se događa s talogom. Zabilježite opažanja.

2.) Pojedinačne reakcije s $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$

Ulijte u dvije epruvete oko 0,5 mL otopine koja sadrži Al^{3+} ione. U prvu epruvetu dodajte **2 kapi** otopine amonijaka, a u drugu **2 kapi** natrijeve lužine. Protresite sadržaj epruveta. Potom u drugu epruvetu dodajte još desetak kapi natrijeve lužine (suvišak) do uočljive promjene. Otopini s natrijevom lužinom dodajte nekoliko kristalića amonijeva klorida do uočljive promjene. Zabilježite opažanja.

Dodatni pokus: U epruvetu ulijte oko 0,5 mL otopine koja sadrži Al^{3+} ione. Dodajte **1 – 2 kapi** otopine alizarina S i dodajte otopinu amonijaka. Napravite i **slijepu probu** (uzorak koji **NE** sadrži Al^{3+}).

3.) Pojedinačne reakcije s $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$

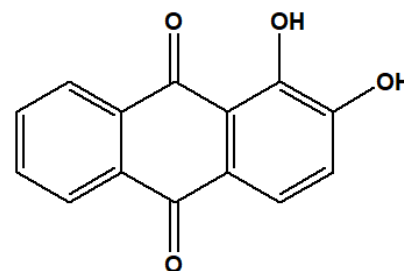
Ulijte u dvije epruvete oko 0,5 mL otopine koja sadrži Cr^{3+} ione. U prvu epruvetu dodajte 5 - 6 kapi otopine amonijaka (kap po kap), a u drugu **1 kap** natrijeve lužine. Potom u **drugom epruvetu** dodajte još **desetak kapi natrijeve lužine** (suvišak) do uočljive promjene. Potom u istu epruvetu dodajte 4 – 5 kapi otopine vodikova peroksida i lagano zagrijte do uočljive promjene. Otopina potom ohladite i podijelite na dva dijela. Jednom dijelu dodajte 10 kapi dietil-etera (**u digestoru**) te potom dodajte kap po kap sumporne kiseline. Nakon svake kapi epruveta se dobro protrese. Drugom dijelu se doda par kapi otopine koja sadrži Pb^{2+} ione. Zabilježite opažanja.

ZADACI

1.) Navedite svojstva hidroksida kationa III. analitičke skupine; po čemu se međusobno razlikuju?

2.) Prikažite strukturnu formulu heksa(tiocijanato-N)feratnog(II) iona. Koji je koordinacijski broj tog iona. Prikažite sve Lewisove strukturne formule tiocianatnog iona. Koja od tih formula je najstabilnija i zašto?

3.) Slika prikazuje strukturnu formulu alizarina (*broćevo crvenilo*) koji se koristi kao bojilo, ali i kao specifični reagens za dokazivanje Al^{3+} iona. Proučite strukturnu formulu i odgovorite na pitanja:



a) Kako glasi molekulska formula alizarina?

b) Imenujte funkcionalne skupine prisutne u molekuli alizarina?

c) Izračunajte maseni udio vodika u molekuli alizarina. (Rj.: $w(\text{H}) = 3,36 \%$)

Naziv vježbe: Kationi III. analitičke skupine u smjesi

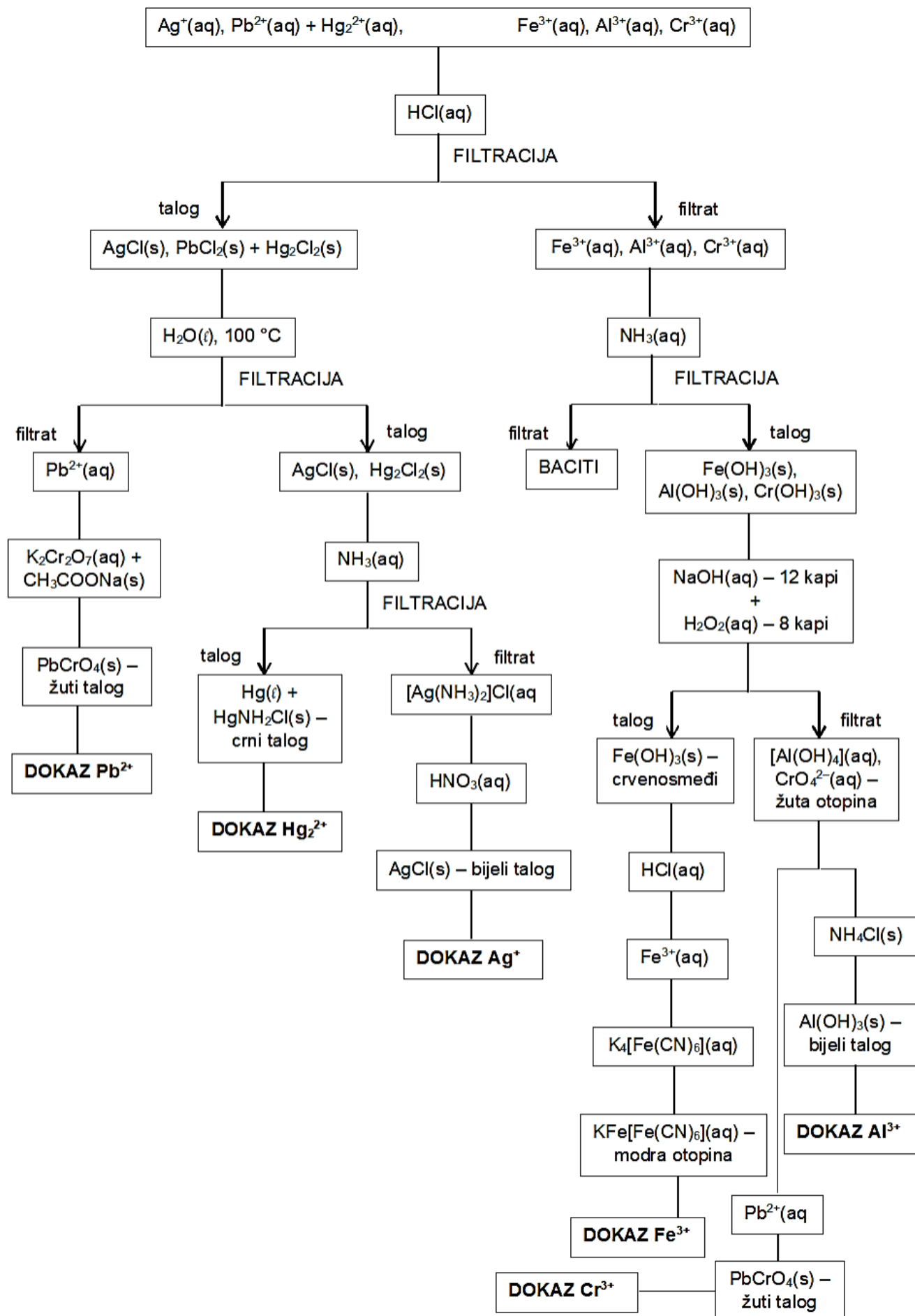
Radni zadatak: Odijeliti i dokazati katione III. analitičke skupine u smjesi

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, uzorak smjese kationa III. analitičke skupine, $\text{NH}_3(\text{aq})$, $\text{NaOH}(\text{aq})$, $\text{HCl}(\text{aq})$, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6](\text{aq})$, otopina alizarina S, $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$, $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$

Opis postupka:

- 1.) Ulijte u epruvetu oko 1 mL uzorka otopine. Doda se otopina amonijaka u suvišku dok ne nastane znatna količina taloga.
- 2.) Kad talog sedimentira, višak otopine iznad taloga dekantirajte i bacite. Talogu dodajte 4 – 5 kapi otopine natrijeve lužine i 3 – 4 kapi otopine vodikova peroksida.
- 3.) Profiltrirajte sadržaj, a filtrat razdijelite u dvije epruvete.
- 4.) Jednom dijelu filtrata dodajte čvrsti amonijev klorid. Nastali bijeli želatinozni talog dokaz je Al^{3+} iona. (Zbog sigurnosti možete napraviti i pokus s alizarinom S, ali je obavezno raditi slijepu probu – vidjeti vježbu prije.)
- 5.) Drugom dijelu dodajte nekoliko kapi otopine koja sadrži Pb^{2+} ione. Nastanak žutog taloga dokaz je prisutnosti Cr^{3+} iona.
- 6.) Na talog u lijevku dodajte klorovodičnu kiselinu (10 kapi), a filtratu koji je nastao dodajte 1 kap otopine kalijeva heksacianoferata(II). Nastalo intenzivno, tamno plavo obojenje (berlinsko modriilo) dokaz je Fe^{3+} iona. (Filtratu se umjesto otopine kalijeva heksacijanoferata(II), može dodati i otopina kalijeva/amonijeva tiocijanata; nastala intenzivno crveno obojenje također je dokaz Fe^{3+} iona).
- 7.) Zabilježite opažanja, napišite jednadžbe kemijskih reakcija i napišite zaključak.

ODJELJIVANJE I DOKAZIVANJE KATIONA I. I III. ANALITIČKE SKUPINE U SMJESI



REAKCIJE ANIONA I NJIHOVO ODJELJIVANJE

Anioni su mnogo složeniji od kationa. Reaktivniji su i nestabilniji, pa se tijekom analize mogu znatno mijenjati. Jako su reaktivni u kiseloj sredini, dok se u neutralnoj i lužnatoj sredini njihova reaktivnost znatno smanjuje.

Reakcije dokazivanja aniona izvode u **neutralnoj** ili u **lužnatoj** sredini.

Tablica 1. Podjela aniona po skupinama i zajedničke reagense s kojima stvaraju taloge.

Skupina	Anioni	Zajednički	
		reagens	ion
I.	CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , SO_3^{2-} , BO_2^- , AsO_2^- , AsO_4^{3-}	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$	Ca^{2+}
II.	CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, SO_4^{2-} , IO_3^-	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ba}$	Ba^{2+}
III.	S^{2-} , CN^- , $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn}$	Zn^{2+}
IV.	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, Cl^- , Br^- , I^- , CNS^-	AgNO_3	Ag^+
V.	NO_2^- , NO_3^- , ClO_4^- , CH_3COO^- , BrO_3^-	nema reagensa	

Iz tablice je vidljivo kako su anioni zajedničkih reagensa **acetati** ili **nitrati**, pa se prisutnost tih aniona u uzorku utvrđuje prethodnim reakcijama:

1. **Acetati** dodatkom otopine sumporne kiseline, uz zagrijavanje, razvijaju karakterističan, bockav miris octene kiseline.
2. **Nitrati** s koncentriranom sumpornom kiselinom, uz elementarni bakar, daju smeđe pare NO_2 , zagušljivog mirisa.

Radni zadatak: Ispitati pojedinačne reakcije na anione I. – V. analitičke skupine

Pribor i kemikalije: stalak s epruvetama, stakleni štapić, $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$, $\text{Cl}^-(\text{aq})$, $\text{Br}^-(\text{aq})$, $\text{I}^-(\text{aq})$, $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$, $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Ba}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Ag}^+(\text{aq})$, $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$, $\text{HCl}(\text{aq})$, $\text{KMnO}_4(\text{aq})$, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$, $\text{NH}_3(\text{aq})$, otopina joda (Lugolova otopina), **svježa** otopina škroba

1.) Pojedinačne reakcije s $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$

U epruvetu se stavi pola žličice soli koja sadrži CO_3^{2-} ione i otopi u oko 1 mL vode. Otopini se doda 10 kapi otopine koja sadrži Ca^{2+} ione. U drugu epruvetu se ulije oko 1 mL kalcijeve lužine (vapnene vode) i uroni stakleni štapić. Otopina iznda taloga se odlije, a talogu se doda nekoliko kapi klorovodične kiseline i **odmah** potom u epruvetu iznad otopine **drži** stakleni štapić (stakleni štapić **NE SMIJE** biti uronjen u otopinu).

2.) Pojedinačne reakcije s $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}(\text{aq})$

Ulijte u dvije epruvete oko 1 mL otopine koja sadrži $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ione. U prvu epruvetu dodajte 10 kapi otopine sumporne kiseline. Potom istoj otopini dodajte 5 kapi otopine kalijeva permanganata. Protresite sadržaj epruvete. Uočite promjene koje se događaju. Reakcija se odvija brže u toplom pa sadržaj možete zagrijati u rukama. U drugu epruvetu dodajte nekoliko kapi otopine koja sadrži Ca^{2+} ione.

3.) Pojedinačne reakcije s $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$

Stavite u epruvetu pola žličice soli koja sadrži SO_4^{2-} ione i dodajte oko 1 mL destilirane vode, protresite sadržaj kako biste otopili sol i dobili otopinu koja sadrži sulfatne ione. Otopini dodajte 5 kapi otopine koja sadrži Ba^{2+} (BaCl_2 , aq) ione. Dobivenoj smjesi dodavajte kap po kap klorovodična kiselina. Dolazi li do uočljive promjene?

4.) Pojedinačne reakcije s $\text{Cl}^-(\text{aq})$, $\text{Br}^-(\text{aq})$ i $\text{I}^-(\text{aq})$

U epruvetu se stavi pola žličice soli koja sadrži Cl^- ione te se otopi u oko 1 mL vode. U druge dvije epruvete redom se ulije oko 1 mL otopine koje sadrže Br^- i I^- ione (svaka otopina u jednu epruvetu). Potrebno je paziti da je u sve tri epruvete približno **jednaka** količina svake otopine. Svakoj otopini doda se 2 kapi otopine koja sadrži Ag^+ ione. Uoči boje nastalih taloga. Svakoj smjesi doda se 10 kapi otopine amonijaka. Uoči i zapiši promjene.

Dodatni pokus: U epruvetu dodajte 5 kapi otopine joda (Lugolova otopina; $\text{I}_2 + \text{KI}$) i razrijedite s 3 – 4 mL destilirane vode dok ne dobijete žutu otopinu. Dobivenoj otopini dodajte **jednu kap otopine škroba** i protresite sadržaj epruvete. Uočite promjene. Sadržaj epruvete lagano zagrijte. Što primjećujete? Sadržaj epruvete ohladite. Što sad primjećujete?

5.) Pojedinačne reakcije na $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$

Stavite jednu cijelu žlicu soli koja sadrži CH_3COO^- ione u dvije epruvete. U prvu epruvetu **na čvrste kristaliće** dodajte oko 1 mL otopine sumporne kiseline, lagano zagrijte sadržaj te pomirišite sadržaj epruvete tako da **rukom pare usmjerujete prema nosu**. U drugu epruvetu dodajte oko 0,5 mL vode i kristaliće otopite te potom dodajte 5 kapi otopine koja sadrži Fe^{3+} ione. Sadržaj u epruveti lagano zagrijte. Bilježite opažanja.

ZADACI

1.) Za sve anione (CO_3^{2-} , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, SO_4^{2-} , Cl^- , Br^- , I^- i CH_3COO^-) u vježbi prikaži njihove Lewisove strukturne formule.

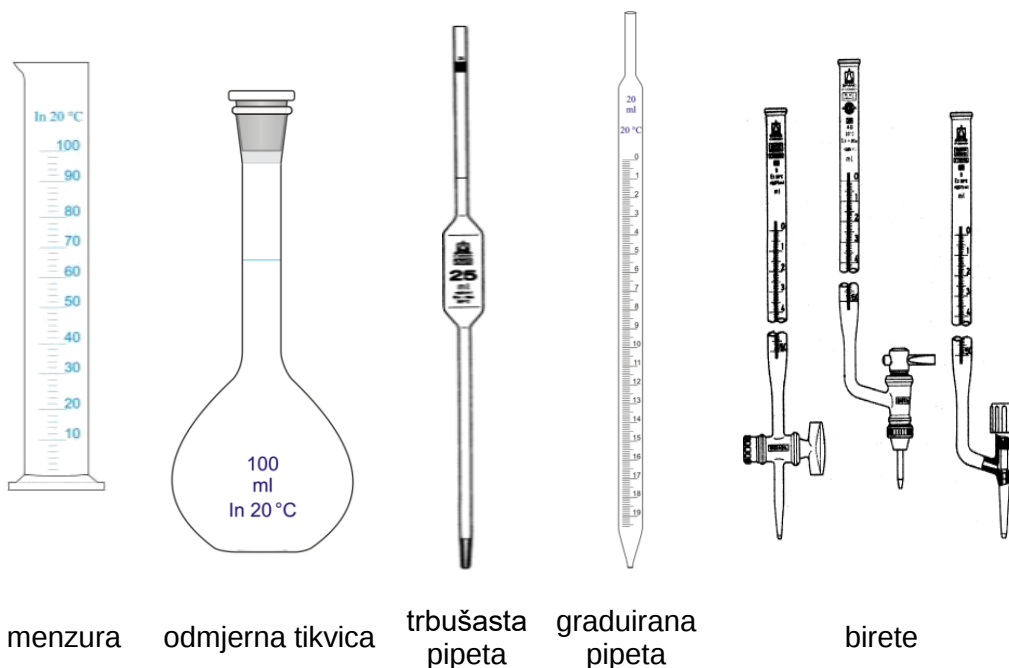
MJERENJE VOLUMENA I ODMJERNO POSUĐE

Odmjerno posuđe koristi se u laboratoriju za mjerenje volumena tekućina ili otopina.

Razlikujemo **grubo** i **precizno** odmjerno posuđe.

Grubo odmjerno posuđe: **menzura**, **čaša**, **Erlenmeyerova tikvica**,

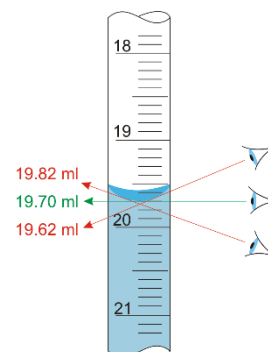
Precizno odmjerno posuđe: **odmjerne tikvice**, **trbušaste pipete**, **graduirane pipete**, **birete**



Menzura - vrsta grubog odmjernog posuđa. Baždarene su na ulijevanje (oznaka **In** ili **E+**) ili na izlivanje (oznaka **Ex** ili **A-**) najčešće pri 20 °C. Na bazi imaju postolje, a na vrhu kljun. Graduirane su i ima ih raznih veličina.

Volumen se uvijek očitava u razini očiju pri čemu se menzura drži u ruci na dijelu u kojem nema tekućine.

Odmijerna tikvica - precizno odmjerno posuđe i koristi se u analitičkoj kemiji. Baždarena je na uljev (**In**) pri 20 °C i na grlu ima oznaku do koje se puni. Nose oznake **A** ili **B**. Općenito odmjerno posuđe klase **A** je vrlo precizno i imaju svoj certifikat. Kod prozirnih tekućina donji meniskus je na oznaci, a kod neprozirnih gornji rub tekućine je na oznaci volumena.



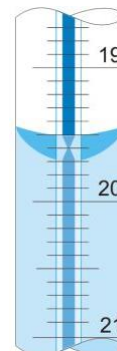
Trbušasta pipeta - uska staklena cijev sa središnjim proširenjem. Kraj cijevi je sužen u kapilaru. Baždarena je na izjev, vrijeme čekanja nakon izlivanja i temperaturu. (npr. **Ex +15 s 20 °C**)

Graduirana (Mohrova) pipeta - uska staklena cijev s oznakama volumena. Pri dnu je sužena u širu kapilaru. Koristi se za ispuštanje određenih volumena tekućine. Manje je precizna od trbušaste pipete.

Bireta - uske dugačke cijevi jednolikog presjeka koje su sužene na donjem dijelu i nastavlja na pipac koji se produžuje u kapilaru. Razlikuju se dvije vrste:

Mohrova bireta - prozirna cijev s graduiranom skalom. Danas sve rjeđe u uporabi.

Schelbachova bireta - cijev s mliječno bijelom pozadinom čijom sredinom prolazi plava crta. Očitavanje volumena se izvodi promatranjem suženja plave crte meniskusa.



VOLUMETRIJA

- analitička metoda koja se zasniva na vrlo **preciznom mjerenju volumena otopine** –

VOLUMETRIJA

- mjerni postupak određivanja volumena naziva se **TITRACIJA**

- bit svih volumetrijskih metoda je u dodavanju odgovarajućeg reagensa točne koncentracije u **ekvivalentnoj količini**

- da bi se mogla provesti titracija potrebno je pripremiti otopinu **PRIMARNOG STANDARDA**

- primarni standard je tvar koja ima sljedeća svojstva:

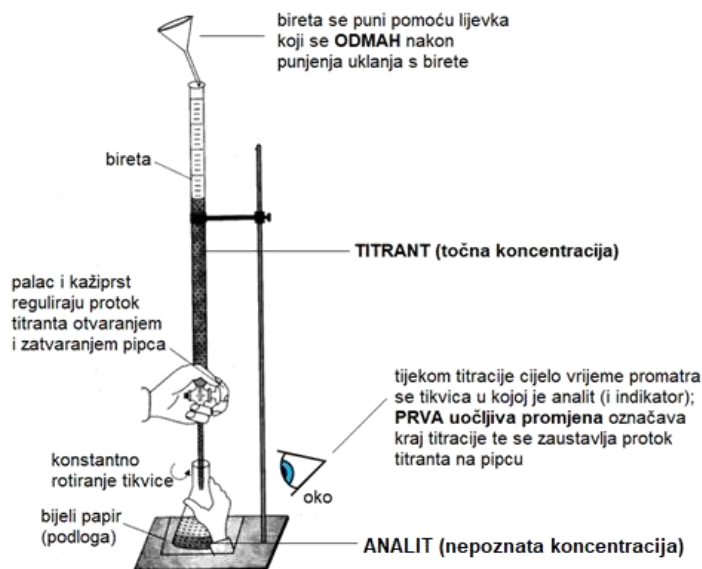
- 1.) visoka čistoća (p. a.)
- 2.) stabilnost (niska reaktivnost)
- 3.) niska higroskopnost
- 4.) dobra topljivost u otapalu (vodi)
- 5.) relativno visoka molarna masa ($> 50 \text{ g/mol}$) – manja pogreška kod vaganja

- koncentracija standardne otopine obično se određuje ili preciznim vaganjem potrebne količine čiste tvari i otapanjem u točno poznatom volumenu (**primarni standard**)

- također, moguće je i vaganjem i otapanjem pripremi otopina približne koncentracije, a točna se koncentracija odredi titracijom s otopinom poznate koncentracije (**sekundarni standard**)

- otopina koja se dodaje (**kojom se titrira**) naziva se **TITRANT** – točna koncentracija

- nepoznata tvar koja se **određuje u uzorku** naziva se **ANALIT** – nepoznata koncentracija



Slika 1. Prikaz postupka titracije

- sve reakcije u volumetriji moraju imati ova svojstva:

- 1.) moraju se odvijati točno prema jednadžbi kemijske reakcije – **stehiometrijski**;
- 2.) moraju biti **kvantitativne**;
- 3.) moraju se odvijati **brzo**;
- 4.) **završetak** reakcije mora biti **jasno uočljiv** – to omogućuje promjena boje indikatora

- svaka titracija provodi se u pravilu **tri puta** te se kao volumen titranta uzima srednja vrijednost; **odstupanje u volumenu može biti maksimalno $\pm 0,05 \text{ mL}$, tj. $\pm 1 \text{ kap}$**

- titracija se izvodi do promjene boje indikatora što se naziva **ZAVRŠNA TOČKA TITRACIJE**

- točka u kojoj su **množina titranta i analita jednake** naziva se **TOČKA EKVIVALENCIJE**

- završna točka titracije i točka ekvivalencije često puta se ne poklapaju, što se naziva **INDIKATORSKOM POGREŠKOM** i ne može se odrediti

Naziv vježbe: Priprema otopine klorovodične kiseline nazivne koncentracije

Radni zadatak: Pripremiti _____ mL otopine klorovodične kiseline nazivne množinske koncentracije $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$

Pribor i kemikalije: menzura od 10 mL, tamna reagens boca od 1 L, odmijerna tikvica od _____ mL, koncentrirana klorovodična kiselina ($w = 36 \%$; $\rho = 1,18 \text{ g cm}^{-3}$), destilirana voda

- 1.) Tamnu reagens bocu i njezin čep dobro operite otopinom deterdženta, četkom, isperite vodovodnom i na kraju **destiliranom vodom (više puta s manjim volumenom)**.
- 2.) Izračunajte volumen koncentrirane klorovodične kiseline ($w = 36 \%$; $\rho = 1,18 \text{ g cm}^{-3}$) koja je potrebna za pripremu _____ mL otopine nazivne koncentracije $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$.
- 3.) Izračunajte volumen koncentrirane klorovodične kiseline odmjerite menzutom i prenesite u odmjernu tikvicu od _____ mL u koju ste prethodno dodali malo vode (do polovice šireg dijela tikvice).
- 4.) Napunite odmjernu tikvicu vodom do oznake i sadržaj dobro promiješajte. Otopinu prelijte u tamnu reagens bocu. Na bocu stavite etiketu na kojoj su sljedeći podatci:

$c(\text{HCl})_{\text{nazivna}} = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$
 $c(\text{HCl})_{\text{točna}} = \text{_____} \text{ mol dm}^{-3}$
Ime i prezime učenika:
Razred:
Datum pripreme otopine:

Zadatci:

- 1.) Koliko kalijeva klorida treba otopiti u 150 g vode da bi se dobila otopina masenog udjela 8 %? (Rj.: $m = 1,2 \text{ g}$)
- 2.) Maseni udio vinske kiseline u zasićenoj vodenoj otopini iznosi 68,5 % pri 60°C . Koliko grama vinske kiseline sadrži takva otopina na 100 g vode? (Rj.: $m = 218 \text{ g}$)
- 3.) Ako se u odmjernu tikvicu od 250 mL usipa 5 g srebrova nitrata, dopuni vodom do oznake i dobro promiješa, izračunajte: **a)** masenu i **b)** množinsku koncentraciju. (Rj.: **a)** $\gamma = 20 \text{ g L}^{-1}$; **b)** $c = 0,1177 \text{ mol L}^{-1}$)
- 4.) Izračunajte množinsku koncentraciju kloridnih iona u otopini ako je u 500 g otopine, čija je gustoća $1,059 \text{ g cm}^{-3}$, otopljeno 25,0 g natrijeva klorida i 25,0 g željezova(III) klorida. (Rj.: $c = 1,89 \text{ mol L}^{-1}$)
- 5.) Otapanjem 5,00 g neke tvari pripravljeno je 250 mL otopine množinske koncentracije $0,120 \text{ mol L}^{-1}$. Izračunajte relativnu molekulsku masu tog spoja. (Rj.: $M_r = 167$)
- 6.) U odmjernu tikvicu od 100 mL ulije se 20 mL otopine natrijeva sulfata koncentracije $1,5 \text{ mol L}^{-1}$ i dopuni vodom do oznake. Izračunajte množinsku koncentraciju razrijeđene otopine. (Rj.: $c = 0,3 \text{ mol L}^{-1}$)
- 7.) Izračunajte množinsku koncentraciju otopine nastale miješanjem 130 mL otopine manganova(II) sulfata, množinske koncentracije $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$, 150 g vode i 20 mL otopine manganova(II) sulfata množinske koncentracije $2,4 \text{ mol dm}^{-3}$ (Rj.: $c = 0,4 \text{ mol dm}^{-3}$)
- 8.) Sve otopine dezinficijensa, moraju imati maseni udio etanola od minimalno 70 %. Ako je gustoća 96 %-tnog etanola $0,801 \text{ g cm}^{-3}$, koliko vode i koliko etanola treba uzeti za pripremu 0,5 L otopine etanola masenog udjela 70 % čija je gustoća $0,868 \text{ g cm}^{-3}$. Gustoće se odnose na temperaturu pri 20°C . (Rj.: $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 395 \text{ mL}$ $V(\text{H}_2\text{O}) = 105 \text{ mL}$)

Naziv vježbe: Standardizacija otopine klorovodične kiseline

Radni zadatak: Odrediti točnu koncentraciju otopine klorovodične kiseline titracijom otopine natrijeva karbonata

Pribor i kemikalije: Schelbachova bireta, trbušasta pipeta od 20 mL, odmjerne tikvice od 100 mL, Erlenmeyerove tikvice širokog grla, lijevak, posudica za vaganje, analitička vaga (0,0001 g), natrijev karbonat ($\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$, p.a.), otopina klorovodične kiseline ($c(\text{HCl}) \approx 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina metiloranža, destilirana voda

Napomene:

1.) Prije izvođenja vježbe, potrebno je **svo** odmjerne posuđe dobro oprati razrijeđenom otopinom deterdženta, vodovodnom i na kraju isprati destiliranom vodom. **ODMJERNO POSUĐE PERE SE BEZ UPOTREBE ČETKICE ZA PRANJE!**

2.) Bireta se ispire **samo** vodovodnom i destiliranom vodom te se na kraju jednom ispire otopinom klorovodične kiseline kojom će se puniti bireta (oko 15 mL). Ta se otopina baca nakon ispiranja!

3.) Trbušasta pipeta se ispire **samo** vodovodnom i destiliranom vodom te se na kraju jednom ispire otopinom natrijeva karbonata kojom će se puniti pipeta (donji dio pipete prije trbušastog dijela). Ta se otopina baca nakon ispiranja!

Opis postupka:

Potrebno je pripremiti 100,00 mL vodene otopine natrijeva karbonata na način da se izvaže **između 0,4 i 0,5 g natrijeva karbonata** (na 0,0001 g točno). U tu svrhu je na analitičkoj vagi potrebno izvagati natrijev karbonat **METODOM ODSIPAVANJA**. Prije vaganja na odmjernu tikvicu postavite lijevak. Izvažite posudicu s natrijevim karbonatom i zabilježite masu (m_1). Nakon toga maknite poklopac (**IZNAD LIJEVKA** na tikvici) te lagano lupkanjem prstom po stijenci posudice odsipavajte malo po malo natrijeva karbonata preko lijevka u tikvicu. Odsipanu količinu provjeravajte tako da nakon svakog istresanja stavljate, **na pola zatvorena**, posudicu (**IZNAD LIJEVKA** na tikvici) na vagu dok se ne uspostavi konstantna masa posudice (m_2). Destiliranom vodom isperite lijevak tako da **kvantitativno** prenesete natrijev karbonat u tikvicu te kružnim pokretima ruke miješate sadržaj tikvice dok se u potpunosti otopi natrijev karbonat. Sadržaj odmjerne tikvice nadopunite do oznake i dobro promiješajte (preokretanjem tikvice 10 – 15 puta). Nakon toga u Erlenmeyerovu tikvicu pipetirajte 20,00 mL otopine natrijeva karbonata, dodajte 3 – 5 kapi metiloranža i **titrirajte** otopinom klorovodične kiseline **do prve uočljive promjene boje otopine iz žute u narančastu** (boja ljuske luka). Tijekom titracije postavite bijelu podlogu (bijeli papir) ispod tikvice kako biste što jasnije uočili promjenu. U početku kiselinu dodavajte brzo **u laganom mlazu** uz neprekidno kružno miješanje sadržaja tikvice (**prvih 15 mL**). Kasnije, kiselinu dodavajte **kap po kap** do **prve uočljive promjene**. Volumen utrošene klorovodične kiseline očitajte na dva decimalna mjesta. Postupak titracije ponovite još dva puta te izračunajte srednju vrijednost utroška klorovodične kiseline.

Rezultati mjerenja:

Vaganje $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$:

m_1 (masa posudice + Na_2CO_3 ; **prije** odsipavanja) =

m_2 (masa posudice + Na_2CO_3 ; **poslije** odsipavanja) =

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = m_1 - m_2 =$

Titracija:

$V_1(\text{HCl}) =$

$V_2(\text{HCl}) =$

$V_3(\text{HCl}) =$

Naziv vježbe: Titracija jake lužine jakom kiselinom

Radni zadatak: Odrediti masu natrijeva hidroksida u 100 mL otopine

Pribor i kemikalije: Schelbachova bireta, trbušasta pipeta od 20 mL, propipeta, 4 Erlenmeyerove tikvice, uzorak natrijeve lužine, vodena otopina klorovodične kiseline točne koncentracije ($c(\text{HCl}) \approx 0,1 \text{ mol L}^{-1}$), otopina metiloranža

Napomene:

- 1.) Svo suđe, osim preciznog odmjernog posuđa, potrebno je, prije rada, temeljito oprati otopinom deterdženta, vodovodnom i na kraju destiliranom vodom. Odmjerna tikvica pere se na isti način, ali **BEZ UPOTREBE** četkice za pranje.
- 2.) Bireta se ispire **samo** destiliranom vodom te se na kraju jednom ispire otopinom klorovodične kiseline kojom će se puniti bireta (oko 15 mL). Otopina se ispušta u tikvicu za otpad.
- 3.) Pipeta se također ispire **samo** destiliranom vodom i na kraju se jednom ispire s pripremljenom otopinom natrijeva hidroksida (do trbušastog dijela).

Opis rada:

- 1.) Dobiveni uzorak u odmjernoj tikvici od 100,00 mL nadopunite destiliranom vodom do oznake, pazeći pri tome na **DONJI MENISKUS**. Promiješajte otopinu, preokretanjem začepljene tikvice 10 – 15 puta. Provjerite donji meniskus nakon što čep maknete s tikvice.
- 1.) Učvrstite biretu za stalak i jednom isperite destiliranom vodom, a potom vodenom otopinom klorovodične kiseline (oko 10 mL) kojom ćete puniti biretu. Tu otopinu bacite u Erlenmeyerovu tikvicu za otpad.
- 2.) Pipetirajte trbušastom pipetom 20,00 mL natrijeve lužine u **čistu** Erlenmeyerovu tikvicu te dodajte 3 – 5 kapi otopine metiloranža.
- 3.) Napunite biretu do oznake 0 mL pazeći da **nema mjehurića zraka** (naročito u koljenasto savijenom dijelu birete!!!)
- 4.) Titrirajte uzorak do prve promjene boje indikatora (odnosno do nastanka **žutonaranačaste** boje (boja ljuske luka) koja se **zadržava barem 30 sekundi**).
- 5.) Ponovite postupak titracije još barem dva (ili tri) puta. Kod ponavljanja titracija, **uvijek dodajte ISTI broj kapi otopine metiloranža** kako bi intenzitet i promjena boje bila ista.
- 6.) Zapišite očitane vrijednosti utroška klorovodične kiseline (na dvije decimale), točnu koncentraciju klorovodične kiseline te izračunajte masu natrijeva hidroksida u 100 mL otopine. Izračunajte pogrešku mjerenja.

Jednadžba kemijske reakcije:

Rezultati mjerenja:

$c(\text{HCl})_{\text{točna}} = \text{_____} \text{ mol dm}^{-3}$

$V_1(\text{HCl}) = \text{_____} \text{ mL}$

$V_2(\text{HCl}) = \text{_____} \text{ mL}$

$V_3(\text{HCl}) = \text{_____} \text{ mL}$

$V_4(\text{HCl}) = \text{_____} \text{ mL}$

$\bar{V}(\text{HCl}) = \text{_____} \text{ mL}$

$M(\text{NaOH}) = 39,9972 \text{ g mol}^{-1}$

$n(\text{HCl}) = \text{_____} \text{ mol}$

$n(\text{NaOH})_{20 \text{ mL}} = \text{_____} \text{ mol}$

$n(\text{NaOH})_{100 \text{ mL}} = \text{_____} \text{ mol}$ $m(\text{NaOH})_{20 \text{ mL}} = \text{_____} \text{ mg}$

$m(\text{NaOH})_{100 \text{ mL}} = \text{_____} \text{ mg}$ – eksperimentalna vrijednost

Naziv vježbe: Titracija slabe kiseline jakim lužinom

Radni zadatak: Odrediti udio octene kiseline u kupovnom octu

Pribor i kemikalije: Schelbachova bireta, trbušasta pipeta od 1,00 mL, propipeta, 4 Erlenmeyerove tikvice, uzorak octa (alkoholni ili jabučni), vodena otopina natrijeva hidroksida točne koncentracije ($c(\text{NaOH}) \approx 0,1 \text{ mol L}^{-1}$), otopina fenolftaleina

Opis rada:

- 1.) Učvrstite biretu za stalak i jednom isperite vodenom otopinom natrijeva hidroksida (oko 10 mL) kojom ćete puniti biretu.
- 2.) Pipetirajte trbušastom pipetom 1,00 mL otopinu octa u **čistu** Erlenmeyerovu tikvicu te dodajte oko 20 mL destilirane vode i 2 – 3 kapi otopine fenolftaleina.
- 3.) Napunite biretu do oznake 0 mL pazeći da nema mjehurića zraka (koljenasto savijeni dio!!!)
- 4.) Titrirajte uzorak do prve promjene boje indikatora (odnosno do nastanka **svijetlo ružičaste** boje koja se zadržava barem 30 sekundi).
- 5.) Ponovite postupak titracije još dva puta.
- 6.) Zapišite očitane vrijednosti utroška natrijeve lužine (na dvije decimale), točna koncentracija natrijeve lužine te izračunajte udio octene kiseline u octu. Usporedite dobivenu vrijednost s deklaracijom proizvoda i izračunajte pogrešku.

Jednadžba kemijske reakcije:

Rezultati mjerenja:

$c(\text{NaOH}) =$	$\rho(\text{CH}_3\text{COOH}, 5 \%) = 1,0052 \text{ g cm}^{-3}$ $\rho(\text{CH}_3\text{COOH}, 9 \%) = 1,0121 \text{ g cm}^{-3}$
$V_1(\text{NaOH}) =$	
$V_2(\text{NaOH}) =$	
$V_3(\text{NaOH}) =$	
$\bar{V}(\text{NaOH}) =$	

Pitanja

- 1.) Kojim udjelom je izražen sadržaj octene kiseline u kupovnom octu?
- 2.) Koliko iznosi volumni udio octene kiseline u kupovnom octu, ako je gustoća 100 %-tne octene kiseline $1,049 \text{ g cm}^{-3}$. Je li volumni udio bliži vrijednosti na deklaraciji?
- 3.) Kako bi izgledala titracijska krivulja (ovisnost pH otopine o volumenu dodane natrijeve lužine) za opisanu vježbu? Objasnite izgled titracijske krivulje.
- 3.) Octena kiselina množinske koncentracije $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$ ima stupanj disocijacije 1,35 %. Kolika je konstanta ionizacije kiseline? Koliko iznosi pH otopine octene kiseline?
(Rj: $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,8 \cdot 10^{-5}$; $\text{pH} = 2,87$)
- *4.) Koliko grama natrijeva acetata je potrebno otopiti u odmjernoj tikvici volumena 250 mL kako bi pH otopine bio 9,11? $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$.
(Rj: $m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 5,95 \text{ g}$)

Naziv vježbe: Potenciometrijska titracija

Radni zadatak: Odrediti množinsku i masenu koncentraciju otopine amonijaka potenciometrijskom titracijom

Pribor i kemikalije: automatska bireta, trbušasta pipeta od 10 mL, dvije čaše od 100 mL, pH-metar, magnetska miješalica, magnetsko slijedilo, boca štrcaljka, otopina klorovodične kiseline točne koncentracije, zadani uzorak amonijaka nepoznate koncentracije, kombinirana elektroda

Opis rada:

- 1.) U čašu od 250 mL otpipetirajte 10,00 mL otopine zadanog uzorka (otopina amonijaka nepoznate koncentracije).
- 2.) Stavite magnetsko slijedilo, čašu s otopinom uzorka stavite na magnetsku miješalicu i dodajte toliko destilirane vode da kombinirana elektroda bude uronjena do određene dubine, a da ju pri tom ne dodiruje magnetsko slijedilo.
- 3.) Čaša mora biti postavljena na sredini magnetske miješalice. Uključite magnetsku miješalicu. Očitajte početnu pH – vrijednost ($V(\text{HCl}) = 0,00 \text{ mL}$) i zapišite u tablicu.
- 4.) Dodajte 0,5 mL titracijske otopine (klorovodična kiselina TOČNE koncentracije), očitajte pH –vrijednost i upišite u tablicu.
- 5.) Također, **OBAVEZNO** zapišite točnu vrijednost (na 4 ili 5 decimala) množinske koncentracije klorovodične kiseline (**piše na poluautomatskoj bireti**).
- 6.) Titraciju nastavite, dodavajući po 0,5 mL titracijske otopine sve dok očitana pH – vrijednost ne bude približno 4, prekinite titraciju i isperite elektrodu. Po završetku vježbe kombiniranu elektrodu dobro isperite destiliranom vodom.

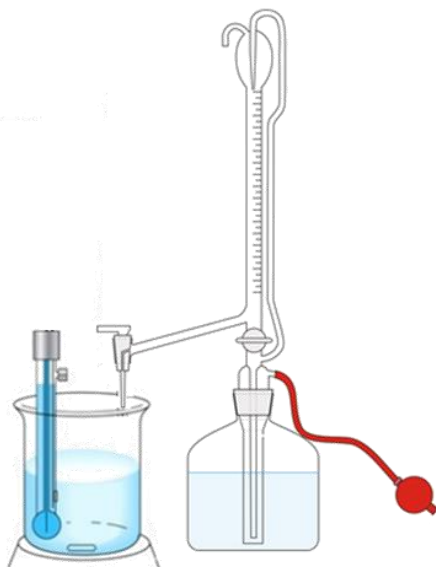
ELEKTRODU NA KRAJU POSTAVITE U ČAŠU NAPUNJENU SVJEŽOM DESTILIRANOM VODOM!

7.) Prikažite grafički:

a) ovisnost pH otopine o volumenu dodane titracijske otopine.

b) ovisnost $\Delta\text{pH}/\Delta V$ o volumenu dodane titracijske otopine – **DIFERENCIJALNA KRIVULJA TITRACIJE**. Iz tako dobivene diferencijalne krivulje očitajte volumen utrošene klorovodične kiseline. To je volumen titracijske otopine u točki ekvivalencije.

Skica aparature:



Slika 1. Aparatura za potenciometrijsku titraciju

Rezultati mjerenja:

Tablica 1. Potenciometrijska titracija određivanja množinske koncentracije otopine amonijaka standardiziranom otopinom klorovodične kiseline točne množinske koncentracije, $c(\text{HCl}) = \text{_____ mol dm}^{-3}$ pri $\text{_____}^\circ\text{C}$.

[illegible]

Naziv vježbe: Konduktometrijska titracija

Radni zadatak: Odrediti množinsku i masenu koncentraciju otopine dušične kiseline konduktometrijskom titracijom natrijevom lužinom

Pribor i kemikalije: automatska bireta, trbušasta pipeta od 10 mL, dvije čaše od 100 mL, konduktometar, magnetska miješalica, magnetsko slijedilo, boca štrcaljka, otopina natrijeve lužine točne koncentracije, zadani uzorak dušične kiseline nepoznate koncentracije

Uvod:

Titracije kod kojih se točka ekvivalencije određuje na osnovu mjerenja specifične **električne vodljivosti** reakcijske smjese.

Točka ekvivalencije odgovara reakciji između reaktanata prema stehiometrijskim odnosima koje definira odgovarajuća kemijska reakcija, tj. pri ekvivalentnom odnosu reaktanata.

Instrumentom koji se zove **konduktometar** mjerimo otpor (R / Ω) koji elektrolit između dvije elektrode (uglavnom platinske) pruža prolasku električne struje. Recipročna vrijednost otpora jest **električna vodljivost** (G / S ; S – Siemens).

$$G = \frac{1}{R}$$

Ako se zna površina i međusobna udaljenost elektroda možemo izračunati **konstantu ćelije** za mjerenje vodljivosti, c :

$$c = \frac{l}{A}$$

gdje je l – udaljenost elektroda; A – površina elektroda.

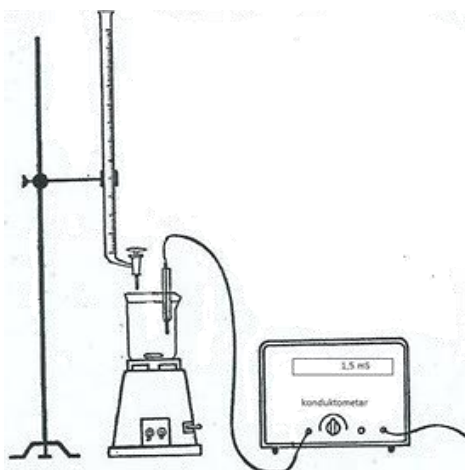
Suvremeni uređaji imaju kao sastavni dio opreme i set odgovarajućih konduktometrijskih ćelija definiranih vrijednosti pa se na instrumentu direktno očitava **električna provodnost (konduktivnost)** – $\kappa / S\text{ cm}^{-1}$

$$\kappa = \frac{1}{R} \cdot c$$

Opis rada:

- 1.) U čašu od 250 mL pipetirajte 10,00 mL otopine zadanog uzorka (otopina dušične kiseline nepoznate množinske koncentracije).
- 2.) Stavite magnetsko slijedilo, čašu s otopinom uzorka stavite na magnetsku miješalicu i dodajte toliko destilirane vode da prorez na elektrodi bude u potpunosti pod otopinom. **Važno je da magnetsko slijedilo ne dodiruje elektrodu.**
- 3.) Uključite magnetsku miješalicu. Očitajte početnu vrijednost vodljivosti. Dodajte 0,5 mL titracijske otopine (natrijeva lužina **TOČNE** koncentracije), očitajte vodljivost i upišite u tablicu.
- 4.) Također, **OBAVEZNO** zapišite točnu vrijednost (na 4 ili 5 decimala) množinske koncentracije natrijeve lužine.
- 5.) Titraciju nastavite sve dok očitana vrijednost vodljivosti ne bude približna početnoj vrijednosti, prekinite titraciju i brzo isperite elektrode.
- 6.) **Po završetku vježbe kombiniranu elektrodu brzo i dobro isperite destiliranom vodom. Elektrodu ostavite u čašici s destiliranom vodom.**
- 7.) Prikažite grafički:
 - a) ovisnost κ (provodnost) o volumenu dodane titracijske otopine.
 - b) ovisnost otpora R ($1/\kappa$) o volumenu dodane titracijske otopineVolumen titracijske otopine u točki ekvivalencije odredite grafički i računski.

Skica aparature:



Slika 1. Aparatura za konduktometrijsku titraciju

Rezultati mjerenja:

Tablica 1. Konduktometrijska titracija određivanja množinske koncentracije dušične kiseline, standardiziranom otopinom natrijeva hidroksida točne množinske koncentracije, $c(\text{NaOH}) =$ _____ mol dm^{-3} pri _____ $^{\circ}\text{C}$.

$V(\text{NaOH}) / \text{mL}$	$\kappa / \text{mS cm}^{-1}$	$V(\text{NaOH}) / \text{mL}$	$\kappa / \text{mS cm}^{-1}$
0,00			

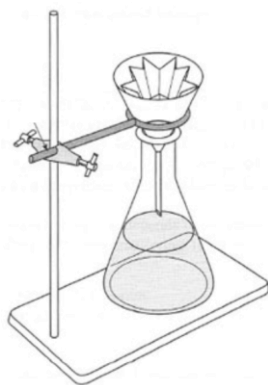
Radni zadatak: Odrediti konstantu produkta topljivosti kalcijeva hidroksida

Pribor i kemikalije: 2 Erlenmeyerove tikvice od 250 mL uskog grla s odgovarajućim čepovima, 2 Erlenmeyerove tikvice od 250 mL sa širokim grlom, žličica, **veći** lijevak s naboranim filter papirom, stakleni štapić, Schelbachova bireta od 50 mL, pipeta od 25,00 mL, standardizirana otopina klorovodične kiseline nazivne koncentracije $c(\text{HCl}) \approx 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, otopina fenolftaleina, kalcijev hidroksid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, s)

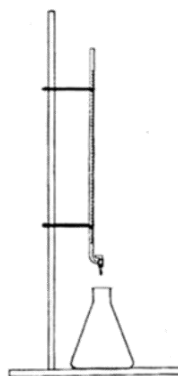
Opis rada:

1. Na tehničkoj vagi, u Erlenmeyerovu tikvicu uskog grla od 250 mL, izvažite **0,15 g do MAKSIMALNO 0,2 grama** kalcijeva hidroksida i dolijte oko 150 mL destilirane vode. Tikvicu odmah začepite gumenim čepom.
2. Mućkajte sadržaj tikvice tijekom dvije minute, a zatim pustite da neotopljeni kalcijev hidroksid sedimentira na dno tikvice.
3. Složite aparaturu za filtraciju s Erlenmeyerovom tikvicom od 250 mL (usko grlo) s običnim lijevkom i **dva** naborana filter papira. Dva naborana filter papira **umetnite jedan u drugi** te ih zajedno postavite u veći lijevak.
4. Bistru otopinu iznad neotopljenog kalcijeva hidroksida dekantirajte u lijevak s naboranim filter papirom. Čim se u tikvici skupi oko 100 mL filtrata prekinite daljnje filtriranje. Tikvicu odmah začepite gumenim čepom da se spriječi reakcija ugljikova dioksida iz zraka i otopine kalcijeva hidroksida.
5. Pripremite aparaturu za titraciju. Napunite biretu standardiziranom otopinom klorovodične kiseline.
6. Pipetom odmjerite 25,00 mL otopine zasićene kalcijevim hidroksidom u Erlenmeyerovu tikvicu sa širokim grlom. Dodajte **2 kapi** otopine fenolftaleina i titrirajte standardiziranom otopinom klorovodične kiseline, $c(\text{HCl}) \approx 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$, sve dok **PRVA** kap u potpunosti ne obezboji otopinu.
7. Ponovite mjerenje još dva puta. Svaki put kad iz tikvice uzimate uzorak (aliquot), učinite to **što brže i tikvicu odmah potom začepite**.
8. Uzmite srednju vrijednost dva dobra mjerenja (s najmanjim odstupanjima; $\pm 0,10 \text{ mL}$) i izračunajte koncentraciju hidroksidnih iona u zasićenoj otopini kalcijeva hidroksida.
9. Izračunajte koncentraciju kalcijevih iona u zasićenoj otopini kalcijeva hidroksida.
10. Izračunajte konstantu produkta topljivosti kalcijeva hidroksida i usporedite dobiveni rezultat s podacima iz tablica te izračunajte apsolutnu pogrešku.

Skica aparatura:



a)



b)

Slika 3. a) Aparatura za filtraciju uz naborani filter papir; **b)** Aparatura za titraciju

Jednadžba kemijske reakcije:

Rezultati mjerenja:

Točna koncentracija standardizirane klorovodične kiseline	$c(\text{HCl}) =$
Volumen utrošene kiseline	$V_1(\text{HCl}) =$
	$V_2(\text{HCl}) =$
	$V_3(\text{HCl}) =$
	$\bar{V}(\text{HCl}) =$
Volumen otopine kalcijeva hidroksida (volumen pipete)	$V(\text{Ca}(\text{OH})_2) =$
Koncentracija hidroksidnih iona	$c(\text{OH}^-) =$
Koncentracija kalcijevih iona	$c(\text{Ca}^{2+}) =$
Konstanta produkta topljivosti kalcijeva hidroksida pri 25 °C	$K_{\text{sp}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) =$

NAPOMENA: Tablična vrijednost konstante produkta topljivosti kalcijeva hidroksida pri 25 °C iznosi $5,02 \cdot 10^{-6} \text{ mol}^3 \text{ L}^{-3}$

Zadatci:

1.) Topljivost srebrova klorida u vodi određena je ravnotežnom konstantom otapanja $K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$ koja pri 25 °C iznosi $1,8 \cdot 10^{-10} \text{ mol}^2 \text{ L}^{-2}$.

a) Kolika je množinska koncentracija otopljenoga srebrova klorida u zasićenoj otopini pri 25 °C?

b) Koliko iznosi masena koncentracija srebrova klorida u zasićenoj otopini pri 25 °C?

c) Kako dodatak natrijeva klorida utječe na količinu taloga srebrova klorida koji je u ravnoteži sa zasićenom otopinom srebrova klorida?

2.) Množinska koncentracija olovova(II) bromida u zasićenoj otopini pri 25 °C iznosi $0,0118 \text{ mol dm}^{-3}$. Koliko iznosi konstanta produkta topljivosti olovova(II) bromida pri 25 °C.

3.) Pripremljena je zasićena otopina magnezijeva hidroksida u vodi pri 25 °C. Ta otopina ima pH vrijednost 10,35.

a) Izračunaj topljivost magnezijeva hidroksida u vodi i iskaži je množinskom i masenom koncentracijom zasićene otopine. (**Rj.:** $c = 0,112 \text{ mmol L}^{-1}$; $\gamma = 6,53 \text{ mg L}^{-1}$)

b) Odredi konstantu produkta topljivosti magnezijeva hidroksida u zasićenoj otopini pri 25 °C (**Rj.:** $K_{\text{sp}}(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,62 \cdot 10^{-12} \text{ mol}^3 \text{ L}^{-3}$.)

***c)** Izračunajte topljivost magnezijeva hidroksida u otopini natrijeva hidroksida koncentracije $0,01 \text{ mol/L}$ pri 25 °C. (**Rj.:** $c(\text{Mg}^{2+}) = 5,62 \cdot 10^{-8} \text{ mol}^3 \text{ L}^{-3}$.)

ANALIZA VODE – KARBONATNA TVRDOĆA VODE

- prirodna voda nije kemijski čista – sadrži otopljene soli, organske tvari, čestice tla, otopljene plinove, itd.
- od otopljenih soli, voda najčešće sadrži **kalcijeve i magnezijeve** soli: karbonate, hidrogenkarbonate, kloride, sulfate, nitrate, silikate – oni utječu na **TVRDOĆU VODE**
- otopljene tvari utječu i na kiselost vode te na druge karakteristike
- prema karakteristikama soli, razlikuje se više tvrdoća vode

Tablica 1. Prikaz različitih tvrdoća voda s obzirom na otopljene soli u vodi

PROLAZNA TVRDOĆA	Ca(HCO ₃) ₂	KARBONATNA TVRDOĆA	UKUPNA TVRDOĆA
	Mg(HCO ₃) ₂		
STALNA TVRDOĆA	CaCO ₃	NEKARBONATNA TVRDOĆA	
	MgCO ₃		
	CaCl ₂		
	MgCl ₂		
	CaSO ₄		
	MgSO ₄		
	Ca(NO ₃) ₂		
	Mg(NO ₃) ₂		
	CaSiO ₃		
	MgSiO ₃		

- tvrdoća vode izražava se kao **masena koncentracija** u stupnjevima:

- 1.) **NJEMAČKI STUPANJ**; °dH; 1 °dH (°Nj) = 10 mg CaO (ili 7,19 MgO) u 1 L vode – u Hrvatskoj (dH – deutscher Härte)
- 2.) **FRANCUSKI STUPANJ**; °f; 1 °f = 10 mg CaCO₃ u 1 L vode
- 3.) **ENGLESKI STUPANJ**; °e; 1 °e = 10 mg CaCO₃ u 0,7 L vode

Tablica 2. Klasifikacija tvrdoće vode prema njemačkim stupnjevima (°dH)

tvrdoća vode / °dH	kvaliteta vode
0 – 5	vrlo meka voda
> 5 – 10	meke vode
> 10 – 20	srednje meke vode
> 20 – 30	tvrda voda
> 30	vrlo tvrda voda

Naziv vježbe: Karbonatna tvrdoća vode

Radni zadatak: Odrediti karbonatnu tvrdoću vode uzorka vode i izraziti rezultat u °dH

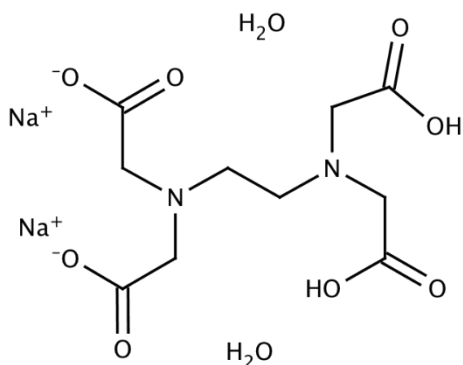
Pribor i kemikalije: Schelbachova bireta, trbušasta pipeta od 50,00 mL, propipeta, 4 Erlenmeyerove tikvice, uzorak vode, vodena otopina klorovodične kiseline točne koncentracije ($c(\text{HCl}) \approx 0,1 \text{ mol L}^{-1}$), otopina metiloranža

Opis rada:

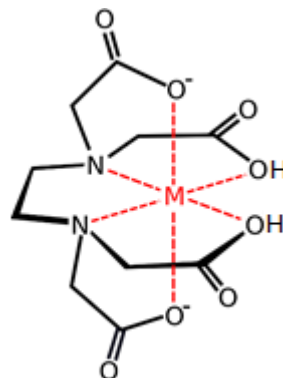
Pipetirajte 50,00 mL uzorka vode u Erlenmeyerovu tikvicu, dodajte 3 – 4 kapi metiloranža i titrirajte otopinom klorovodične kiseline točne koncentracije do prve promjene boje indikatora (boja ljuske luka). Ponovite postupak još dva puta.

ANALIZA VODE – UKUPNA TVRDOĆA VODE

- određivanje ukupne tvrdoće vode temelji se na volumetrijskoj metodi stvaranja kompleksnih spojeva (**KOMPLEKSOMETRIJA**)
- kao titrant se koristi dinatrijeva sol ETILENDIAMINTETRAOCTENE (**EDTA**) kiseline poznat pod trgovačkim nazivom **KOMPLEKSON III** (pojednostavljeno se označava kao **Na₂H₂Y**)



Slika 1. Strukturna formula kompleksona III



Slika 2. Strukturna formula kompleksnog spoja kationa metala (M) i ionizirane EDTA

- komplekson III u vodi ionizira na: $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{Y}^{2-}(\text{aq})$
- iz **Slike 2.** može se jasno uočiti kako je EDTA **HEKSADENTATNI** ligand što znači da molekula EDTA s metalnim kationom (M) ostvaruje vezu preko šest nevezanih elektronskih parova (donori) s četiri atoma kisika i s dva atoma dušika
- prednost titracije s kompleksonom III je što sa svim metalnim kationima stvara kompleksni spoj za koji vrijedi **$n(\text{M}^{n+}) = n(\text{EDTA})$** – **stehiometrijski odnos metalnog kationa i ionizirane EDTA je 1 : 1**
- završna točka titracije određuje se metalokromnim indikatorima koji kod određenog pH vrijednosti daju specifično obojeni kompleksni spoj; najčešće korišteni su **ERIOKROM CRNO T** i **MUREKSID**

Naziv vježbe: Ukupna tvrdoća vode

Radni zadatak: Odrediti ukupnu tvrdoću vode u uzorku i rezultat izraziti u °dH

Pribor i kemikalije: poluautomatska Schelbachova bireta, trbušasta pipeta od 50,00 mL, propipeta, 4 Erlenmeyerove tikvice, plamenik, tronog, eko mrežica, menzura od 5 ili 10 mL, uzorak vode, otopina kompleksona III nazivne koncentracije 0,02 mol dm⁻³, vodena otopina klorovodične kiseline ($c(\text{HCl}) \approx 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ili $c(\text{HCl}) = 2 \text{ mol L}^{-1}$), amonijačni pufer ($\text{NH}_3(\text{aq})/\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$), eriochrom crno T

Opis rada:

Pipetirajte 50,00 mL uzorka vode u Erlenmeyerovu tikvicu te uzorku dodajte onoliko klorovodične kiseline nazivne koncentracije koliko je utrošeno za određivanje karbonatne tvrdoće vode (ili 2 – 4 kapi klorovodične kiseline množinskog koncentracije 2 mol L⁻¹). Ovaj postupak se provodi ako je karbonatna tvrdoća vode **veća od 4 °dH**. Zašto?

Otopinu zagrijte do vrenja kako bi se uklonio sav ugljikov dioksid. Kad se otopina ohladi na oko 40 °C, dodajte 5 mL otopine amonijačnog pufera i **na vrh žličice** indikatora eriochrom crno T. Otopinu titrirajte (dok je topla) otopinom kompleksona III do prijelaza boje indikatora iz **ljubičastocrvene u modru**. Ponovite postupak još jednom.

ANALIZA VODE – NEKARBONATNA TVRDOĆA VODE

- kao i kod ukupne tvrdoće vode, količina kalcija u vodi određuje se kompleksometrijskom titracijom otopinom kompleksona III uz **MUREKSID** kao indikator
- masa kalcija izražava se u obliku masene koncentracije CaO u mg/dm³
- količina magnezija određuje se **RAČUNSKI** tako da se od ukupne tvrdoće vode, izražene kao masa CaO u 1 L vode oduzme sadržaj kalcija koji je izražen na isti način.
- masa magnezija izražava se u obliku masene koncentracije MgO u mg/dm³

Naziv vježbe: Određivanje kalcija i magnezija u vodi

Radni zadatak: Odrediti masenu koncentraciju kalcija i magnezija u vodi

Pribor i kemikalije: poluautomatska Schelbachova bireta, trbušasta pipeta od 50,00 mL, propipeta, 2 Erlenmeyerove tikvice, menzura od 5 mL, uzorak vode, otopina kompleksona III nazivne koncentracije 0,02 mol dm⁻³, natrijeva lužina ($c(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$), mureksid

Opis rada:

Pipetirajte 50,00 mL uzorka vode u Erlenmeyerovu tikvicu i **neposredno prije** same titracije dodajte 1 mL natrijeve lužine (pH otopine treba biti ≈ 12). Smjesi dodajte, na vrh žličice, indikatora mureksida. Otopinu titrirajte otopinom kompleksona III do prijelaza boje indikatora iz **ružičastocrvene u intenzivno ljubičastu**. Titracija se mora izvesti najkasnije **5 minuta** od trenutka dodavanja natrijeve lužine kako ne bi došlo do taloženja kalcijeva hidroksida. Postupak ponovite još jednom. Iz utroška volumena otopine kompleksona III i množinske koncentracije odredite masu CaO kao masenu koncentraciju u **mg/dm³**.

Jednadžba kemijske reakcije: $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{Y}^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaY}^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{H}^+(\text{aq})$

Pitanja i zadatci:

- 1.) Na temelju dosadašnjih podataka (Vježbe: *Određivanje karbonatne tvrdoće vode i Određivanje ukupne tvrdoće vode*) izračunajte koliko iznosi nekarbonatna tvrdoća vode u tvom uzorku.
- 2.) Zašto se prolazna tvrdoća vode zove baš *prolazna*? Što to znači? Objasnite jednadžbom kemijske reakcije.
- 2.) Kolika je karbonatna tvrdoća vode ako se za 200,0 mL vode troši 10,20 mL otopine klorovodične kiseline koncentracije 0,0500 mol dm⁻³? (**Rj:** 7,15 °dH)
- 3.) Karbonatna tvrdoća vode iznosi 17,14 °dH. Kolika je točna množinska koncentracija klorovodične kiseline ako se za 50 mL uzorka vode troši 28,20 mL kiseline (**Rj:** $c(\text{HCl}) = 0,0108 \text{ mol dm}^{-3}$)
- 4.) Kolika je prolazna tvrdoća vode izražena u °dH, ako je za titraciju uzorka vode od 100 mL utrošeno 4,20 mL klorovodične kiseline koncentracije 0,102 mol dm⁻³? Kolika bi bila prolazna tvrdoća vode u °f? (1 °dH = 10 mg CaO u 1 L vode; 1 °f = 10 mg CaCO₃ u 1 L vode)
- 5.) Karbonatna tvrdoća nekog uzorka vode iznosi 12,8 °dH. Izračunajte masenu koncentraciju soli u vodi računajući sve kao Ca(HCO₃)₂. (**Rj.:** $\gamma = 370,02 \text{ mg L}^{-1}$)
- 6.) Izračunajte ukupnu tvrdoću vode u °dH ako je u 1 L vode otopljeno 88,5 mg Mg(HCO₃)₂, 155 mg Ca(HCO₃)₂ i 142 mg CaSO₄. (**Rj.:** 14,6 °dH)

Naziv vježbe: Određivanje klorida po Mohru

Radni zadatak: Odrediti masu kloridnih iona u uzorku kao masenu koncentraciju (u mg/L) te izračunati apsolutnu pogrešku.

Pribor i kemikalije: poluautomatska bireta zatamnjenog stakla, trbušasta pipeta od 50,00 mL, propipeta, 2 Erlenmeyerove tikvice, menzura od 5 mL, uzorak vode, standardna otopina srebrova nitrata ($c(\text{AgNO}_3) = 0,1 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina kalijeva kromata ($w(\text{K}_2\text{CrO}_4) = 5 \%$)

Opis postupka:

- 1.) U Erlenmeyerovu tikvicu koristeći propipetu, pipetirajte 50,00 mL uzorka koji sadrži kloride.
- 2.) Dodajte uzorku u tikvici 1 – 2 mL otopine kalijeva kromata koji služi kao indikator.
- 3.) Napunite poluautomatsku biretu do oznake „0” i titrirajte standardnom otopinom srebrova nitrata do pojave crvenožute boje, odnosno crvenožutog (crvenosmeđeg) taloga.
- 4.) Ponovite postupak još jednom, zapišite utrošak volumena otopine srebrova nitrata.
- 5.) Iz jednadžbe kemijske reakcije izračunajte **masu kloridnih iona** koja je prisutna **u 1 L uzorka**.

Jednadžba kemijske reakcije:



kada **svi** kloridni ioni prijeđu o oblik bijelog sirastog taloga, prva kap mijenja boju otopine jer nastaje crvenosmeđi talog srebrova kromata te je tada reakcija završena:



Rezultati mjerenja:

Uzorak broj: _____ $n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-)$

$c(\text{AgNO}_3)_{\text{točna}} = \text{_____} \text{ mol dm}^{-3}$

$V_1(\text{AgNO}_3) = \text{_____} \text{ cm}^3$

$V_2(\text{AgNO}_3) = \text{_____} \text{ cm}^3$

$\bar{V}(\text{AgNO}_3) = \text{_____} \text{ cm}^3 = \text{_____} \text{ dm}^3$

$V(\text{uzorak}) = 50,00 \text{ cm}^3$

$\gamma(\text{Cl}^-)_{\text{exp.}} = \text{_____} \text{ mg / L} \quad \gamma(\text{Cl}^-)_{\text{teor.}} = \text{_____} \text{ mg / L}$

$$P = \frac{|\gamma_{\text{exp.}} - \gamma_{\text{teor.}}|}{\gamma_{\text{teor.}}} \cdot 100 \%$$

Zadatci:

- 1.) Vode koje imaju slanost manju od 0,5 ‰ mogu se rabiti za piće. Izračunaj množinsku koncentraciju kloridnih iona u takvoj vodi. (**Rj.:** $c(\text{Cl}^-) = 14,1 \text{ mmol L}^{-1}$)
- 2.) Izračunajte koncentraciju kloridnih iona u uzorku vode ako je titracijom 100,00 mL uzorka vode utrošeno 25,00 mL otopine srebrova nitrata množinske koncentracije $0,0100 \text{ mol L}^{-1}$. (**Rj.:** $c(\text{Cl}^-) = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$)

Naziv vježbe: Priprema otopine kalijeva permanganata

Radni zadatak: Pripremiti 250 mL otopine kalijeva permanganata nazivne množinske koncentracije $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$

Pribor i kemikalije: tehnička vaga, tamna reagens boca od 1 L, odmjerna tikvica od 250 mL, lijevak, čaša od 100 mL

Napomena: Kalijev permanganat nije ishodna tvar, tj. primarni standard. Čak i KMnO_4 , p. a. sadrži male količine manganova(IV) oksida, a pri otapanju reagira i s organskim tvarima iz vode. Stoga se priprema otopina nazivne koncentracije koja se standardizira natrijevim oksalatom ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, p. a.)

Opis rada:

1.) Tamnu reagens bocu i njezin čep dobro operite otopinom deterdženta, četkicom, isperite vodovodnom i na kraju **destiliranom vodom (više puta s manjim volumenom)**.

2.) Izračunajte masu kalijeva permanganata koja je potrebna za pripremu 250 mL otopine nazivne koncentracije $0,02 \text{ mol dm}^{-3}$.

3.) Kalijev permanganat važite u čaši od 100 mL na tehničkoj vagi, a zatim **kvantitativno** prenesite u odmjernu tikvicu, ispirući čašu malim obrocima destilirane vode.

4.) Sadržaj čaše nakon desetak ispiranja mora biti **potpuno proziran**, tj. niti jedan kristalić i/ili ljubičasto obojena kapljica NE smije zaostati u čaši.

5.) Isperite vrat odmjerne tikvice destiliranom vodom. Volumen otopine u odmjernoj tikvici treba biti do polovice donjeg (proširenog) dijela.

6.) Začepite tikvicu i kružnim pokretima miješajte sadržaj 5 minuta (**NE OKREĆUĆI TIKVICU**) dok se sav kalijev permanganat u potpunosti ne otopi.

7.) Odmjernu tikvicu napunite vodom do oznake, začepite i otopinu dobro promiješajte okrećući tikvicu 10 – 15 puta gore – dolje.

8.) Provjerite **GORNJI** meniskus i po potrebi dodajte još destilirane vode, te ukoliko je potrebno, ponovno promiješajte sadržaj tikvice preokretanjem tikvice.

9.) Otopinu prelijte u reagens bocu u kojoj se čuva minimalno tjedan dana. Na bocu se stavi etiketa na kojoj su sljedeći podatci:

$c(\text{KMnO}_4)_{\text{nazivna}} = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$ $c(\text{KMnO}_4)_{\text{točna}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mol dm}^{-3}$ Ime i prezime učenika: Razred: Datum pripreme otopine:
--

Račun:

Opažanja:

Zaključak:

Naziv vježbe: Standardizacija otopine kalijeva permanganata

Radni zadatak: Odrediti točnu koncentraciju otopine kalijeva permanganata titracijom otopine natrijeva oksalata

Pribor i kemikalije: Schelbachova bireta od 50 mL, pipeta od 20 mL, odmjerna tikvica od 100 mL, Erlenmeyerove tikvice širokog grla, lijevak, posudica za vaganje, menzura od 20 mL, analitička vaga (0,0001 g), tronog, ekološka mrežica, plamenik, sinter lijevak (nuča), boca za odsisavanje, vodena sisaljka, natrijev oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{s})$, p.a.), otopina sumporne kiseline ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 2 \text{ mol dm}^{-3}$), koncentrirana sumporna kiselina, destilirana voda

Napomene:

1.) Nakon što je otopina kalijeva permanganata odstajala **najmanje tjedan dana** potrebno ju je profiltrirati (vakuum filtracija) u bocu za odsisavanje, ali isključivo preko **sinter lijevka (nuča)**. Otopina se potom ponovno prebaci u čistu i ispranu tamnu bocu. Na lijevku zaostaje smeđi talog manganova dioksida.

2.) Bireta se ispire **samo** vodovodnom i destiliranom vodom te se na kraju jednom ispere otopinom kalijeva permanganata kojom će se puniti bireta (oko 15 mL). Ta se otopina baca.

Opis postupka:

Potrebno je pripremiti 100,00 mL vodene otopine natrijeva oksalata tako da se izvaže između **0,85 i 1,0 g (najbolje oko 0,9 g)** čvrstog natrijevog oksalata (na 0,0001 g točno). U tu svrhu je na analitičkoj vagi potrebno izvagati natrijev oksalat **METODOM ODSIPAVANJA**. Prije vaganja na odmjernu tikvicu postavite lijevak. Izvažite posudicu s natrijevim oksalatom i zabilježite masu (m_1). Nakon toga maknite poklopac (**IZNAD LIJEVKA** na tikvici) te lagano lupkanjem prstom po stijenci posudice odsipavajte malo po malo natrijeva oksalata preko lijevka u tikvicu. Odsipanu količinu provjeravajte tako da nakon svakog istresanja stavite, **na pola zatvorenam** posudicu (**IZNAD LIJEVKA**) na vagu dok se ne uspostavi konstantna masa posudice (m_2). Destiliranom vodom isperite lijevak tako da **kvantitativno** prenesete natrijev oksalat u tikvicu te kružnim pokretima ruke miješate sadržaj tikvice dok se u potpunosti otopi natrijev oksalat (otopini se može još dodati i 1 – 2 kapi koncentrirane sumporne kiseline). Sadržaj odmjerne tikvice nadopunite do oznake i dobro promiješajte (preokretanjem tikvice 10 – 15 puta). Nakon toga u Erlenmeyerovu tikvicu pipetirajte 20,00 mL otopine natrijeva oksalata, dodajte 20 mL otopine sumporne kiseline ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \text{ mol dm}^{-3}$). Sadržaj zagrijte na približno 60 – 70 °C i titrirajte, prethodno filtriranom, otopinom kalijeva permanganata. Titrirate do pojave **svijetlo ružičaste** boje **koja se zadržava najmanje 30 sekundi**. Tijekom titracije postavite bijelu podlogu (bijeli papir) ispod tikvice kako biste što jasnije uočila promjena. U početku otopinu kalijeva permanganata dodavajte brzo u laganom mlazu uz **neprekidno kružno miješanje** sadržaja tikvice. Kasnije, otopinu dodavajte kap po kap do prve uočljive promjene. Očitajte **GORNJI MENISKUS** volumena utrošene otopine kalijeva permanganata **na dvije decimale**. Postupak titracije ponovite još jednom te izračunajte srednju vrijednost utroška otopine kalijeva permanganata.

Eksperimentalni podaci:

Vaganje $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4(\text{s})$:

m_1 (masa posudice + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; **prije** odsipavanja) =

m_2 (masa posudice + $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$; **poslije** odsipavanja) =

$m(\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4) = m_1 - m_2 =$

Titracija:

$V_1(\text{KMnO}_4) =$

$V_2(\text{KMnO}_4) =$

$V_{\text{sr.}}(\text{KMnO}_4) =$

Naziv vježbe: Određivanje mase oksalne kiseline u uzorku

Radni zadatak: Odrediti masu oksalne kiseline dihidrata ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) u 100 mL uzorka

Pribor i kemikalije: bireta od 50 mL, pipeta od 20,00mL, odmijerna tikvica od 100,00mL, Erlenmeyerove tikvice, lijevak, menzura od 20 mL, tronog, ekološka mrežica, plamenik, standardizirana otopina kalijeva permanganata ($c(\text{KMnO}_4) = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina sumporne kiseline ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 2 \text{ mol dm}^{-3}$ ili $w(\text{H}_2\text{SO}_4) = 20 \%$), destilirana voda

Napomene:

- 1.) Svo suđe, osim preciznog odmjernog posuđa, potrebno je, prije rada, temeljito oprati otopinom deterdženta, vodovodnom i na kraju destiliranom vodom. Odmijerna tikvica pere se na isti način, ali **BEZ UPOTREBE** četkice za pranje.
- 2.) Bireta se ispire **samo** destiliranom vodom te se na kraju jednom ispire otopinom kalijeva permanganata kojom će se puniti bireta (oko 15 mL). Otopina se ispušta u tikvicu za otpad.
- 3.) Pipeta se također ispire **samo** destiliranom vodom i na kraju se jednom ispire s pripremljenom otopinom oksalne kiseline (do trbušastog dijela)

Opis postupka:

- 1.) Dobiveni uzorak u odmijernoj tikvici od 100,00 mL nadopunite destiliranom vodom do oznake, pazeći pri tome na **DONJI MENISKUS**. Promiješajte otopinu, preokretanjem začepljene tikvice 10 – 15 puta.
- 2.) Pipetirajte 20,00 mL otopine oksalne kiseline u Erlenmeyerovu tikvicu te otopini **menzurom dodajte** još **20 mL** otopine **sumporne kiseline** ($c(\text{H}_2\text{SO}_4) \approx 2 \text{ mol dm}^{-3}$).
- 3.) Sadržaj tikvice zagrijte na otprilike 60 – 70 °C. (**Kada para počinje izlaziti iz tikvice, zagrijavanje se može prekinuti.**) Tijekom zagrijavanja sadržaj tikvice potrebno je povremeno miješati kružnim pokretima u ruci.
- 4.) Učvrstite biretu za stalak i nadopunite standardiziranom otopinom kalijeva permanganata pomoću lijevka tako da je **GORNJI MENISKUS** na bireti na 0 mL.
- 5.) U podnožju stalka postavite bijelu podlogu (papir) te titirajte otopinu oksalne kiseline standardiziranom otopinom kalijeva permanganata sve dok se **SVIJETLO LJUBIČASTO** obojenje **ne zadrži minimalno 30 sekundi**. Na kraju očitajte ponovno **GORNJI MENISKUS**.
- 6.) Postupak ponovite još jednom te izračunajte srednju vrijednost utroška otopine kalijeva permanganata i na kraju masu oksalne kiseline dihidrata (**u mg na 1 decimalu**) u 100 mL otopine.

Naziv vježbe: Određivanje željeza po Zimmermann-Reinhardt

Radni zadatak: Odrediti masu željeza u 100,00 mL uzorka

Metoda po Zimmermann-Reinhardt koristi se za određivanje željeza u rudama. Ruda se obrađuje koncentriranom klorovodičnom kiselinom uz jako oksidacijsko sredstvo u kojem je željezo prisutno kao Fe^{3+} te se potom prevodi do Fe^{2+} . Ta otopina se potom titrira standardnom otopinom kalijeva permanganata.

Pribor i kemikalije: odmjerna tikvica od 100,00 mL, bireta od 50 mL, stalak, uglata hvataljka, stezaljka, trbušasta pipeta od 20,00 mL, Erlenmeyerove tikvice od 250 mL, čaša od 600 mL, kapalica, stakleni štapić, menzure od 10 mL i 25 mL, plamenik, tronog, ekološka mrežica, otopina kositrova(II) klorida, otopina živina(II) klorida, Zimmermann-Reinhardt (ZR) otopina (sadrži manganov(II) sulfat, fosforu i sumpornu kiselinu), otopina kalijeva permanganata točne koncentracije ($c(\text{KMnO}_4) \approx 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$), **klorovodična kiselina (1:1)**

Opis postupka:

- 1.) Odmjernu tikvicu s uzorkom soli željeza (Fe^{3+} , aq) nadopunite do oznake destiliranom vodom, dobro promiješajte i pipetirajte 20,00 mL u Erlenmeyerovu tikvicu.
- 2.) Učvrstite biretu za stalak i nadopunite standardiziranom otopinom kalijeva permanganata pomoću lijevka tako da je **GORNJI MENISKUS** na bireti **malo iznad 0 mL**.
- 3.) Nakon toga otopini dodajte 5 mL klorovodične kiseline (zbog moguće hidrolize Fe^{3+} iona), zagrijte do vrenja i **još u vruću otopinu, uz stalno miješanje**, dodavajte **kap po kap** otopinu SnCl_2 dok žuta boja kompleksa $[\text{FeCl}_6]^{3-}$ ne prijeđe u bezbojnu. Dodajte još 1 – 2 kapi otopine SnCl_2 i otopinu hladite pod mlazom vodovodne vode, **pazeći da voda ne dospije u tikvicu**.
- 4.) Dok se otopina hladi, u čašu od 600 mL ulijte oko 300 mL vodovodne vode, 20 mL ZR otopine, promiješajte otopinu štapićem i dodajte 1 – 2 kapi titracijske otopine KMnO_4 kako bi otopina bila blago ružičasta. Sada postavite gornji meniskus u bireti na 0 mL.
- 4.) U hladnu otopinu u Erlenmeyerovoj tikvici ulijte **NAGLO** 10 mL otopine HgCl_2 . Promiješajte sadržaj u tikvici kružnim pokretima ruke. Pri tome nastaje **svilenkasto kristalični talog** $\text{HgCl}_2(\text{s})$. Ako je talog pahuljast, sve treba ponoviti.
- 5.) Otopinu iz Erlenmeyerove tikvice **kvantitativno** prenesite u čašu (višestrukim ispiranjem tikvice destiliranom vodom) i titrirajte otopinom KMnO_4 do promjene boje **iz bezbojne u blago ružičastu**. Tijekom titracije otopinu u čaši miješajte staklenim štapićem.
- 6.) Ponovite postupak još jednom. Izračunajte sadržaj željeza kao Fe^{3+} iona u uzorku.

Opažanja i rezultati:

$V(\text{uzorka } \text{Fe}^{3+}) = 100,00 \text{ mL}$	$n(\text{KMnO}_4) =$
$V(\text{aliquot } \text{Fe}^{3+}) = 20,00 \text{ mL}$	$n(\text{Fe}^{3+}) =$
$c(\text{KMnO}_4)_{\text{točna}} =$	$n(\text{Fe}^{3+})_{100 \text{ mL}} =$
$V_1(\text{KMnO}_4) =$	$m(\text{Fe}^{3+})_{100 \text{ mL}} =$
$V_2(\text{KMnO}_4) =$	$P = \frac{ m(\text{Fe}_{\text{exp}}^{3+}) - m(\text{Fe}_{\text{teor}}^{3+}) }{m(\text{Fe}_{\text{teor}}^{3+})} \cdot 100 \%$

Jednadžbe kemijskih reakcija:

Zaključak:

Naziv vježbe: Sinteza kompleksnog spoja

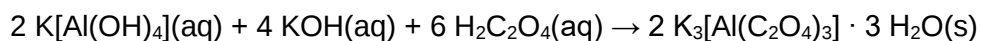
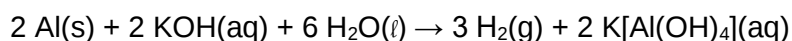
Radni zadatak: Sintetizirati kalijev tris(oksalato)aluminat(III) trihidrat, $K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O$

Pribor i kemikalije čaša od 250 mL, menzura od 50 mL, filter papir, aparatura za vakuum filtraciju, kapalice, stakleni štapić, plamenik, tronog, ekološka mrežica, drvena hvataljka, aluminijska folija (Al, s) oksalna kiselina dihidrat ($H_2C_2O_4 \cdot 2 H_2O$, s), etanol, (C_2H_5OH , 96 %), aceton

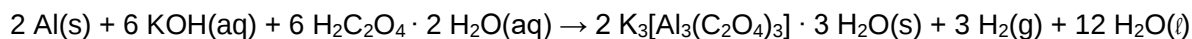
Opis postupka:

- 1.) U čašu od 250 mL izvažite **0,25 g aluminijske folije**.
- 2.) Aluminijskoj foliji u čaši dodajte **15 mL destilirane vode** i **10 mL otopine kalijeva hidroksida** ($c(KOH) = 4 \text{ mol dm}^{-3}$)
- 3.) Sadržaj miješajte staklenim štapićem dok aluminijska folija u potpunosti ne izreagira. Otopinu zagrijte do vrenja.
- 4.) Potom postupno dodavajte **4 g oksalne kiseline dihidrata** uz miješanje staklenim štapićem. Otopina postaje bistra, svijetložute boje.
- 5.) Sadržaj čaše potom postavite na ledenu kupelj i hladite dok temperatura otopine ne bude oko $5^\circ C$.
- 6.) Dodajte 20 mL etanola otopini u čaši te ostavite sadržaj čaše 15 – 20 minuta do pojave kristalića.
- 7.) Izrežite i izvažite kružni filter papir i papirnatu ladu na koju ste napisali **ime i prezime, razred i datum**.
- 8.) Složite aparaturu za vakuum filtraciju i profilirajte smjesu preko Büchnerova lijevka. Po potrebi isperite čašu s kristalićima **MALOM KOLIČINOM** acetona.
- 9.) Kristale zajedno s kružnim filter papirom ostavite da se suše na zraku tjedan dana.
- 6.) Prema jednadžbi kemijske reakcije izračunajte teoretska (očekivana) masu kompleksnog spoja. Mjerodavni reaktant je aluminij.

Jednadžba kemijske reakcije:



ili



Rezultati mjerenja:

NAPOMENA: Sva vaganja izvode se uvijek na ISTOJ ANALITIČKOJ VAGI!

SINTEZA KOMPLEKSNOG SPOJA $K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O$	
masa filter papira i ladice	$m_1 =$
masa filter papira, ladice i kompleksa	$m_2 =$
masa kompleksa, eksperimentalna, $m_2 - m_1$	$m_{\text{eksp.}}(K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
masa kompleksa, teoretska	$m_{\text{teor.}}(K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
iskorištenje, $\eta = \frac{m_{\text{eksp.}}}{m_{\text{teor.}}} \cdot 100 \% =$	$\eta =$

Naziv vježbe: Analiza kompleksnog spoja

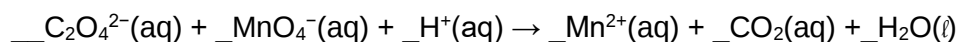
Radni zadatak: Odrediti maseni udio oksalata u kalijevu tris(oksalato)aluminatu(III) trihidratu, $K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O$

Pribor i kemikalije: analitička vaga, čaša od 100 mL, Erlenmeyerove tikvice od 250 mL, menzura, lijevak, tronog, ekološka mrežica, plamenik, odmjerna tikvica od 100 mL, lijevak, bireta, trbušasta pipeta od 25 mL, propipeta, sumporna kislina (H_2SO_4 , $c = 4 \text{ mol dm}^{-3}$), standardizirana otopina kalijeva permanganata ($KMnO_4$, $c = 0,02 \text{ mol dm}^{-3}$)

Opis postupka:

- 1.) Izvažite ladicu s filter papirom i suhim kompleksnim spojem. Zapišite podatke.
- 2.) Na analitičkoj vagi izvažite uzorak kompleksa (masa uzorka treba biti između 0,4 i 0,5 g; **OBAVEZNO ZAPIŠITE TOČNU MASU S VAGE**) i otopite u odmjernoj tikvici od 100 mL – metodom odsipavanja
- 3.) Pipetirajte 25,00 mL uzorka i dodajte još 20 mL otopine sumporne kiseline ($c(H_2SO_4) = 4 \text{ mol dm}^{-3}$).
- 4.) Sadržaj tikvice zagrijte na otprilike 60 – 70 °C. (**Kada para počinje izlaziti iz tikvice, zagrijavanje se može prekinuti.**) Tijekom zagrijavanja sadržaj tikvice potrebno je povremeno miješati kružnim pokretima u ruci.
- 5.) U podnožju stalka postavite bijelu podlogu (papir) te titrirajte otopinu standardiziranom otopinom kalijeva permanganata sve dok se **SVIJETLO LJUBIČASTO** obojenje **ne zadrži minimalno 30 sekundi**. Na kraju očitajte ponovno **GORNJI MENISKUS**.
- 6.) Postupak ponovite još jednom te izračunajte srednju vrijednost utroška otopine kalijeva permanganata i na kraju masu oksalata, $C_2O_4^{2-}$ (**u mg na 1 decimalu**) u 100 mL otopine.
- 7.) Na osnovi dobivenih podataka izračuna se sadržaj oksalata u uzorku kompleksa.
- 8.) Usporedite eksperimentalno određen sadržaj oksalata u kompleksu s teoretskom vrijednošću te izračunajte relativnu pogrešku.

Jednadžba kemijske reakcije:



ANALIZA KOMPLEKSNOG SPOJA $K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O$	
točna koncentracija standardizirane otopine kalijeva permanganata	$c(KMnO_4) =$
masa kompleksa za analizu	$m(K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
volumen utrošene otopine kalijeva permanganata	$V_1(KMnO_4) =$
	$V_2(KMnO_4) =$
	$\bar{V}(KMnO_4) =$
množina kalijeva permanganta	$n(KMnO_4) =$
množina oksalata sadržanog u kompleksu	$n(C_2O_4^{2-}) =$
masa oksalata sadržanog u kompleksu	$m(C_2O_4^{2-}) =$
maseni udio oksalata sadržanog u kompleksu, eksperimentalno	$w_{1\text{eksp.}}(C_2O_4^{2-}, K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
	$w_{2\text{eksp.}}(C_2O_4^{2-}, K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
	$\bar{w}_{\text{eksp.}}(C_2O_4^{2-}, K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
maseni udio oksalata sadržanog u kompleksu, teoretski	$w_{\text{teor.}}(C_2O_4^{2-}, K_3[Al(C_2O_4)_3] \cdot 3 H_2O) =$
Pogreška; $P = \frac{ \bar{w}_{\text{eksp.}} - w_{\text{teor.}} }{w_{\text{teor}}} \cdot 100\%$	$P =$

ELEKTROKEMIJA

- grana fizikalne kemije koja proučava kemijske reakcije koje se događaju između električnog vodiča (metalne, poluprovodničke ili grafitne elektrode) i ionskog vodiča (elektrolita) prilikom kojih dolazi do prijenosa elektrona između elektrode i elektrolita.

- **ELEKTROLIT** – **talina** ili **vodena otopina** koja sadrži **slobodne ione** i provodi električnu energiju

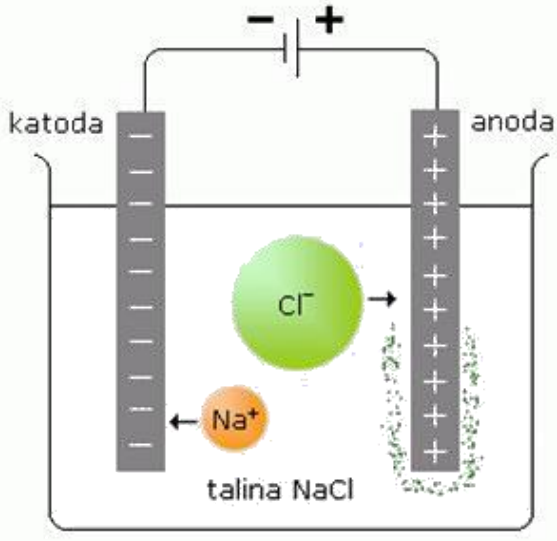
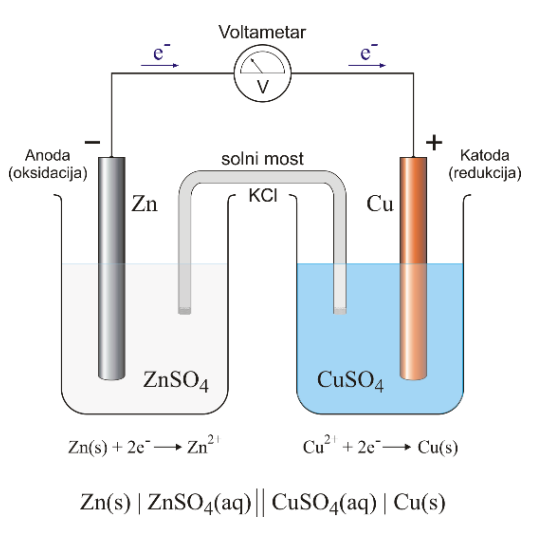
JAKI ELEKTROLITI - taline i vodene otopine ionskih spojeva i vodene otopine jakih kiselina i baza; npr. NaCl(aq) , HCl(aq) ; NaOH(aq)

SLABI ELEKTROLITI - vodene otopine slabih kiselina i baza; npr. $\text{NH}_3\text{(aq)}$, $\text{CH}_3\text{COOH(aq)}$

- **NEELEKTROLITI** – tvari koje **NE provode** električnu struju jer u otopini ne sadrže slobodne ione; npr. glukoza – $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6\text{(aq)}$

- elektrokemijski procesi mogu se podijeliti u dvije velike skupine prikazane tablicom

Tablica 1. Usporedni prikaz elektroliznog i galvanskog članka

ELEKTROLIZNI ČLANAK	GALVANSKI ČLANAK
<u>A</u>NODA – <u>O</u>KSIDACIJA – <u>O</u>TPUŠTANJE ELEKTRONA KATODA – REDUKCIJA – PRIMANJE ELEKTRONA	
ANODA (+)	ANODA (–)
KATODA (–)	KATODA (+)
električna energija → kemijska energija	kemijska energija → električna energija
obje elektrode uronjene su u ISTI elektrolit; elektrolizom na elektrodama uvijek NASTAJU ELEMENTARNE TVARI	svaka elektroda je uronjena u elektrolit koji sadrži ione metala od kojih je načinjena sama elektroda; elektrode su odvojene SOLNIM MOSTOM ili POLUPROPUSNOM MEMBRANOM
 Elektrolizni članak	 Daniellov članak

Naziv vježbe: Elektrokemijski niz metala – relativna jakost oksidansa i reducensa

Radni zadatak: Ispitati reaktivnost metala te odrediti najjače oksidacijsko i najjače redukcijsko sredstvo

Pribor i kemikalije: staklena ili keramička pločica s jažicama, uzorci različitih metala (Fe, Mg, Pb, Al, Zn, Cu...), otopine iona ($\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$, $\text{Ag}^{+}(\text{aq})$, $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$, $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$...)

Opis postupka:

- 1.) U pločicu s jažicama stavite nekoliko kapi otopine navedene u tablici.
- 2.) Uzorak metala uranjajte u svaku otopinu i bilježite opažanja.
- 3.) Ukoliko dođe do burnije reakcije na površini metala, metal prije uranjanja u sljedeću otopinu isperite destiliranom vodom i lagano izbrusite brusnim papirom.
- 4.) Za svaku uočljivu promjenu napišite polureakcije oksidacije i redukcije te ukupnu jednadžbu kemijske reakcije.
- 5.) Odredite relativnu jakost oksidansa i reducensa. Razvrstajte metale u nizu prema porastu relativne jakosti redukcijskih svojstava. Razvrstajte ione u niz prema porastu njihovih oksidacijskih svojstava.

Metal	Otopina (M^{n+})					
	$\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$	$\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$	$\text{Al}^{3+}(\text{aq})$
Fe(s)						
Pb(s)						
Zn(s)						
Mg(s)						
Cu(s)						
Al(s)						

Naziv vježbe: Elektroliza

Radni zadatak: Provesti elektrolize različitih vodenih otopine i napisati polureakcije na svakoj od elektroda

Pribor i kemikalije: metalni stalak, mufa, uglata hvataljka, ispravljač, grafitne elektrode sa spojnim žicama, U-cijev, lijevak, kapalice, stalak s epruvetama, brusni papir, otopina bakrova(II) klorida ($c(\text{CuCl}_2) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina bakrova(II) sulfata ($c(\text{CuSO}_4) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$), otopine natrijeva klorida, ($c(\text{NaCl}) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina natrijeva sulfata ($c(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$), otopina kalijeva jodida ($c(\text{KI}) = 0,5 \text{ mol dm}^{-3}$) otopina škroba, otopina metiloranža, otopina fenolftaleina

Opis postupka:

NAPOMENA: Prije pokusa, ako je potrebno, grafitne elektrode mogu se očistiti brusnim papirom.

Elektroliza vodene otopine bakrova(II) klorida, $\text{CuCl}_2(\text{aq})$

- 1.) U metalni stalak pričvrsti U-cijev na način kako je prikazano na skici aparature (vidi sliku).
- 2.) Ulijte, pomoću lijevka, otopinu bakrova(II) klorida u jedan kraj U-cijevi. Otopina mora biti oko 1,5 cm ispod krakova U-cijevi.
- 3.) Spojite grafitne elektrode na ispravljač preko spojnih žica. **PAZITE** na polove (+ i -) na ispravljaču. Uobičajeno je da je crna elektroda negativna, a crvena pozitivna.
- 4.) Uronite svaku grafitnu elektrodu u jedan krak U-cijevi. Ukoliko je potrebno, visina U-cijevi, pričvršćene za stalak, prilagodite tako da grafitne elektrode mogu nesmetano biti uronjene u elektrolit.
- 5.) Pozovite nastavnika/cu.
- 6.) Uključite ispravljač u struju i upali. Tijekom 3 – 5 minuta bilježite opažanja na svakoj od elektroda.
- 7.) Nakon 3 – 5 minuta isključite ispravljač. Izvadite elektrode iz otopine i zabilježite opažanja. Anodu prinesite nosu i pažljivo pomiršite. Što primjećujete?
- 8.) **Vratite** otopinu iz U-cijevi u originalnu bocu jer se može ponovno iskoristiti.
- 9.) Isperite U-cijev vodovodnom i destiliranom vodom, očistite katodu brusnim papirom i isperite destiliranom vodom.

Elektroliza vodene otopine bakrova(II) sulfata, $\text{CuSO}_4(\text{aq})$

Svi koraci su isti kao kod elektrolize otopine bakrova(II) klorida samo se koristi otopina bakrova(II) sulfata. **Otopina se** nakon elektrolize ponovno **VRAĆA u originalnu bocu** jer se može ponovno iskoristiti.

Elektroliza vodene otopine natrijeva klorida, $\text{NaCl}(\text{aq})$

Koraci od 1.) do 5.) su isti kao kod elektrolize otopine bakrova(II) klorida samo se koristi otopina natrijeva klorida.

- 6.) Prije nego uključite ispravljač u struju, u **prostor ANODE (crvena elektroda)** dodajte 4 – 5 kapi otopine kalijeva jodida, a u **prostor KATODE (crna elektroda)** 4 – 5 kapi otopine fenolftaleina.
- 7.) Uključite ispravljač u struju i upalite. Tijekom 3 – 5 minuta bilježite opažanja na svakoj od elektroda. Što primjećujete u anodnom prostoru, a što u katodnom prostoru?
- 8.) Nakon 3 – 5 minuta isključite ispravljač. Izvadite elektrode, a u prostor anode dodajte 1 kap otopine škroba. Što primjećujete?
- 9.) Bacite otopinu iz U-cijevi u izljev, a U-cijev isperite vodovodnom i destiliranom vodom.

Elektroliza vodene otopine natrijeva sulfata, $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

Koraci od **1.)** do **5.)** su isti kao kod elektrolize otopine bakrova(II) klorida samo se koristi otopina natrijeva sulfata.

6.) Prije nego se uključi ispravljač u struju, u **prostor ANODE (crvena elektroda)** dodajte **4 – 5 kapi** otopine **metiloranža**, a u **prostor KATODE (crna elektroda)** **4 – 5 kapi** otopine **fenolftaleina**.

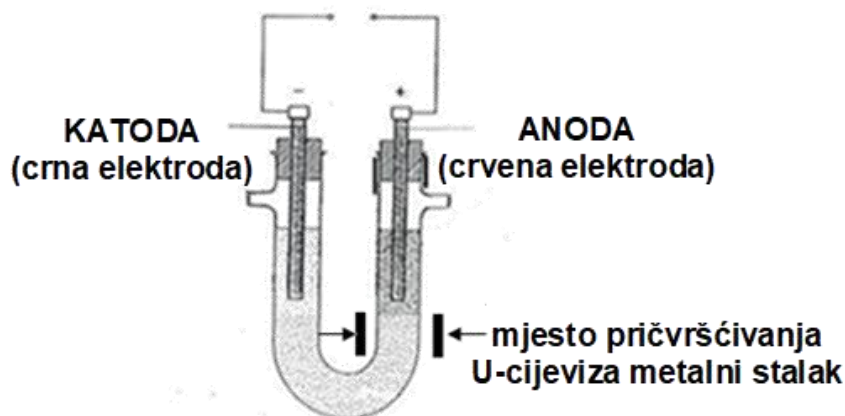
Napomena: Umjesto otopina metiloranža i fenolftaleina može se koristiti i otopina univerzalnog indikatora koja se dodaje i u anodni i u katodni prostor.

7.) Uključite ispravljač u struju i upalite. Tijekom 3 – 5 minuta bilježite opažanja na svakoj od elektroda. Što primjećujete u anodnom prostoru, a što u katodnom prostoru?

8.) Nakon 3 – 5 minuta isključite ispravljač i izvadite elektrode.

9.) Bacite otopinu iz U-cijevi u izljev, a U-cijev isperite vodovodnom i destiliranom vodom.

Skica aparature:



Slika 1. U-cijev za provođenje elektrolize

Naziv vježbe: Galvanski članak – Niz elektrodnih potencijala

Radni zadatak: Sastaviti galvanske članke, te očitati potencijal galvanskih članaka.

Pribor i kemikalije: šest plastičnih injekcijskih štrcaljki od 5 mL, čaša od 100 mL, plastični ili kartonski poklopacs dva otvora za injekcijske štrcaljke od 5 mL, gumeni čepovi s elektrodama od cinka, bakra, olova i željeza, digitalni multimeter (voltmetar), dvije spojne žice s krokodil štipaljka, razrijeđena vodena otopina natrijeva klorida, otopine $c(\text{CuSO}_4) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$, $c(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$, $c(\text{FeCl}_3) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$, $c(\text{ZnSO}_4) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$

Opis postupka:

- 1.) Napunite čašu od 100 mL do polovice razrijeđenom vodenom otopinom natrijeva klorida. Otopina natrijeva klorida služi kao elektrolitski most između dvaju polučlanaka.
- 2.) Poklopite čašu s otopinom natrijeva klorida plastičnim/kartonskim/gumenim poklopcem s dva otvora prilagođena veličini injekcijskih štrcaljki (vidi sliku).
- 3.) Polučlanak $\text{Cu(s)} | \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ pripremite tako da u otvor rezervoara plastične injekcijske štrcaljke od 5 mL, na koji se inače postavlja igla, ugurate mali smotuljak od vate.
- 4.) Rezervoar injekcijske štrcaljke napunite preko polovice otopinom $c(\text{CuSO}_4) = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ i čvrsto začepite čepom s bakrenom elektrodom tako da kroz otvor s vatom istisnete nekoliko kapi otopine. Održavajući pritisak, uronite polučlanak kroz otvor poklopca u otopin natrijeva klorida. Tek kada vrh polučlanka bude u otopini natrijeva klorida, popustite pritisak na čepu. Tako ćete izbjeći stvaranje mjehurića zraka u otvoru injekcijske štrcaljke, što bi onemogućilo protok struje kroz elektrolit.
- 5.) Sličnim postupkom pripremite polučlanak $\text{Zn(s)} | \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$. Nastojte da razine otopina u polučlancima bude malo viša od razine elektrolita u čaši.
- 6.) Na digitalnom voltmetru podesite mjerno područje na 2 V istosmjerne struje (DCV). **Elektrodu od cinka priključite na (-) pol instrumenta označen kao COM. Bakrenu elektrodu priključite na (+) pol instrumenta označen znakom V / Ω .**
- 7.) Uključite voltmetar na dugme ON/OFF. Izmjerite razliku potencijala (napon) između elektroda. Zabilježite rezultat i isključite voltmetar.
- 8.) Istim postupkom pripremite polučlanke: $\text{Pb(s)} | \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ i $\text{Fe(s)} | \text{Fe}^{3+}(\text{aq})$
- 9.) Načinite niz galvanskih članaka u kojima je jedan polučlanak uvijek $\text{Cu(s)} | \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$. Taj će polučlanak smatrati standardnom elektrodom prema kojoj ćemo određivati potencijale drugih elektroda. Elektrodni potencijal polučlanka $\text{Cu(s)} | \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ iznosi +0,342 V. Obratite pozornost na to koja je elektroda pozitivni, a koja negativni pol u pojedinom galvanskom članku koji ćete pripremiti s drugim elektrodama.
- 10.) Rezultate prikažite tablično i ustanovite koja je tvar (element ili ion) najjače oksidacijsko, odnosno najjače redukcijsko sredstvo.

Skica aparature:



Dijelovi galvanskog članka



Izgled sastavljenog galvanskog članka

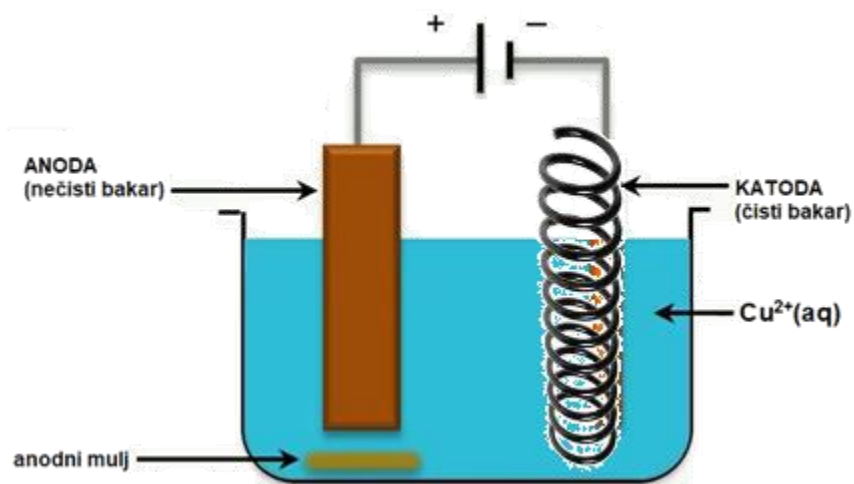
Radni zadatak: Odrediti molarnu masu bakra primjenom Faradayevog zakona elektrolize:

Pribor i kemikalije: dvije bakrene elektrode, čaša od 250 mL, tehnička vaga, magnetska miješalica s magnetiom, ispravljač, 2 izolirane spojne žice s krokodilskim štipaljka, metalni stalak, 2 mufe, 2 ugate hvataljke, sušilo za kosu, 2 plastične čašice za vaganje, brusni papir, otopina bakrovih iona ($w(\text{Cu}^{2+}, \text{aq}) = 7\%$)

Opis postupka:

- 1.) Očistite brusnim papirom dvije bakrene elektrode (ravna i spiralna) dok ne dobiju sjaj. Kao **anodu** koristite elektrodu od nečistog bakra (**ravna elektroda**).
- 2.) Izvažite obje elektrode na tehničkoj vagi i zapišite masu. **Pazite da ne zamijenite mase anode i katode.**
- 3.) Učvrstite elektrode za stalak pomoću hvataljki i spojite pomoću krokodilskih štipaljki. Vodite računa o tome koja elektroda je anoda (+), a koja katoda (-). Pozovite nastavnika/cu.
- 4.) Postavite čašu od 250 mL na magnetsku miješalicu i stavite magnetič u čašu. Ulijte otopinu Cu^{2+} iona u čašu.
- 5.) Prilagodite visinu elektroda tako da čim veća površina elektroda bude uronjena u otopinu, ali da se pri tome elektrode **NE DODIRUJU** međusobno kao ni magnetič koji miješa otopinu.
- 6.) **ELEKTRODE SE NIKAKO NE SMIJU MEĐUSOBNO DODIRIVATI!**
- 7.) Uključite magnetsku miješalicu tako da se otopina lagano miješa.
- 8.) Uključite ispravljač i istovremeno pokrenite štopericu na mobilnom telefonu.
- 9.) Jakost struje mora biti između 0,8 i 1 A, a vrijeme 8 – 10 minuta. Nastavnik/ca će reći koliko dugo će se provoditi elektroliza.
- 10.) Promatrajte što se događa na obje elektrode.
- 11.) Nakon vremena koje je nastavnik/ca odredio isključite magnetsku miješalicu, **ALI NE I ISPRAVLJAČ.**
- 12.) Pažljivo podignite elektrode iznad otopine i tek tada ugasite ispravljač. **Vrlo je važno da se elektrode niti u jednom trenutku ne dodirnu.**
- 13.) Zaustavite štopericu i zabilježite točno vrijeme (minute i sekunde).
- 14.) Pripremite sušilo za kosu. Jednu po jednu elektroda odspojite i pažljivo **iz daljine** sušite sušilom tako da elektrode budu potpuno suhe. Prilikom sušenja važno je ne izgubiti komadiće izlučenog bakra na elektrodi.
- 15.) Izvažite obje elektrode na istoj tehničkoj vagi na kojoj ste ih vagali i prije elektrolize. Što primjećujete?
- 16.) Vratite otopinu $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ iz čaše u originalnu bocu jer se ponovno može iskoristiti.
- 17.) Korištenjem 1. Faradayeva zakona elektrolize izračunajte molarnu masu bakra. Kao masa izlučenog/izgubljenog bakra uzmite promjenu masa $\Delta m_{\text{Cu} - \text{katoda}} / \Delta m_{\text{Cu} - \text{anoda}}$. Uzmite bolji rezultat u obzir te izračunajte pogreška mjerenja.

Skica aparature:



Slika 1. Skica aparature za elektrolitičku rafinaciju bakra

Rezultati mjerenja:

jakost struje, I / A	
vrijeme elektrolize, t / s	
naboj, Q / C	
$m(\text{ANODA} - \text{prije elektrolize}) / \text{g}$	
$m(\text{KATODA} - \text{prije elektrolize}) / \text{g}$	
$m(\text{ANODA} - \text{nakon elektrolize}) / \text{g}$	
$m(\text{KATODA} - \text{nakon elektrolize}) / \text{g}$	
$\Delta m_{\text{Cu} - \text{katoda}} / \text{g}$	
$\Delta m_{\text{Cu} - \text{anoda}} / \text{g}$	
Faradayeva konstanta, $F / \text{C mol}^{-1}$	96 500
molarna masa bakra, $M(\text{Cu}) / \text{g mol}^{-1}$	

Opažanja:

Jednažba kemijske reakcije:

Dodatak

TEMELJNE PRIRODNE KONSTANTE

Veličina	Znak	Vrijednost
brzina svjetlosti u vakuumu	c_0	$3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	h	$6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
elementarni naboj	e	$1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
masa mirovanja elektrona	m_e	$9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
masa mirovanja protona	m_p	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
masa mirovanja neutrona	m_n	$1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
atomska masena konstanta, unificirana atomska jedinica mase, dalton	$m_u = 1 \text{ u} = 1 \text{ Da}$	$1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	L, N_A	$6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	k	$1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Faradayeva konstanta	F	$9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
molarna plinska konstanta	R	$8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
nula Celzijeve temperature		273 K
molarni volumen idealnoga plina ($p = 101 \text{ kPa}$, $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$)	V_m	$22,4 \text{ L mol}^{-1}$

STANDARDNI REDUKCIJSKI ELEKTRODNI POTENCIJALI
ODABRANIH REDOKS-SUSTAVA U VODENIM OTOPINAMA PRI 25 °C

Shematski prikaz	E° / V
$\text{Au}^+ \mid \text{Au}$	1,692
$\text{Cl}^- \mid \text{Cl}_2$	1,358
$\text{Br}^- \mid \text{Br}_2$	1,087
$\text{Hg}^{2+} \mid \text{Hg}$	0,851
$\text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$	0,800
$\text{F}^- \mid \text{F}_2$	0,535
$\text{Cu}^+ \mid \text{Cu}$	0,521
$\text{OH}^- \mid \text{O}_2$	0,401
$\text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$	0,342
$\text{H}^+ \mid \text{H}_2$	0
$\text{Fe}^{3+} \mid \text{Fe}$	−0,037
$\text{Pb}^{2+} \mid \text{Pb}$	−0,126
$\text{Sn}^{2+} \mid \text{Sn}$	−0,137
$\text{Ni}^{2+} \mid \text{Ni}$	−0,257
$\text{Co}^{2+} \mid \text{Co}$	−0,28
$\text{Cd}^{2+} \mid \text{Cd}$	−0,352
$\text{Fe}^{2+} \mid \text{Fe}$	−0,447
$\text{Cr}^{3+} \mid \text{Cr}$	−0,744
$\text{Zn}^{2+} \mid \text{Zn}$	−0,762
$\text{Cr}^{2+} \mid \text{Cr}$	−0,913
$\text{Mn}^{2+} \mid \text{Mn}$	−1,185
$\text{Ti}^{2+} \mid \text{Ti}$	−1,630
$\text{Al}^{3+} \mid \text{Al}$	−1,662
$\text{Mg}^{2+} \mid \text{Mg}$	−2,372
$\text{Na}^+ \mid \text{Na}$	−2,711
$\text{Ca}^{2+} \mid \text{Ca}$	−2,868
$\text{Ba}^{2+} \mid \text{Ba}$	−2,912
$\text{K}^+ \mid \text{K}$	−2,931
$\text{Cs}^+ \mid \text{Cs}$	−3,026

PERIODNI SUSTAV ELEMENATA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,01																	2 He 4,00
3 Li 6,94	4 Be 9,01											5 B 10,8	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,2
11 Na 23,0	12 Mg 24,3											13 Al 27,0	14 Si 28,1	15 P 31,0	16 S 32,1	17 Cl 35,5	18 Ar 39,9
19 K 39,1	20 Ca 40,1	21 Sc 45,0	22 Ti 47,9	23 V 50,9	24 Cr 52,0	25 Mn 54,9	26 Fe 55,8	27 Co 58,9	28 Ni 58,7	29 Cu 63,5	30 Zn 65,4	31 Ga 69,7	32 Ge 72,6	33 As 74,9	34 Se 79,0	35 Br 79,9	36 Kr 83,8
37 Rb 85,5	38 Sr 87,6	39 Y 88,9	40 Zr 91,2	41 Nb 92,9	42 Mo 95,9	43 Tc [98]	44 Ru 101	45 Rh 103	46 Pd 106	47 Ag 108	48 Cd 112	49 In 115	50 Sn 119	51 Sb 122	52 Te 128	53 I 127	54 Xe 131
55 Cs 133	56 Ba 137	57-71 lantanoidi	72 Hf 178	73 Ta 181	74 W 184	75 Re 186	76 Os 190	77 Ir 192	78 Pt 195	79 Au 197	80 Hg 201	81 Tl 204	82 Pb 207	83 Bi 209	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 aktinoidi	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [266]	107 Bh [264]	108 Hs [277]	109 Mt [268]	110 Ds [269]	111 Rg [272]	112 Cn [285]						
			57 La 139	58 Ce 140	59 Pr 141	60 Nd 144	61 Pm [145]	62 Sm 150	63 Eu 152	64 Gd 157	65 Tb 159	66 Dy 163	67 Ho 165	68 Er 167	69 Tm 169	70 Yb 173	71 Lu 175
			89 Ac [227]	90 Th 232	91 Pa 231	92 U 238	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

Rashladne smjese i sredstva za sušenje

Smjesa NH_4Cl i led: usitnjeni led (81 %) i amonijev klorid (21 %). Temperatura: **$-15,8\text{ }^\circ\text{C}$** .

Smjesa NaCl i led: usitnjeni led (77 %) i tehnički natrijev klorid (23 %). Temperatura: **$-22,4\text{ }^\circ\text{C}$** .

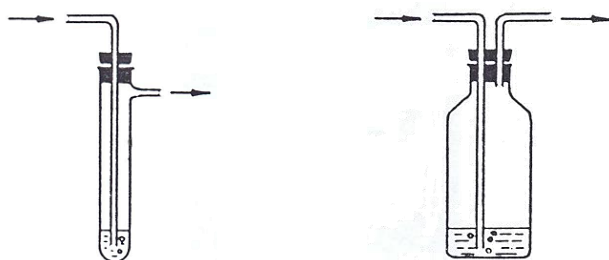
Smjesa $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ i led: usitnjeni led: (41 %) i kalcijev klorid heksahidrat (59 %). Temperatura: **$-54,9\text{ }^\circ\text{C}$**

Suhi led: dodavanjem čvrstog CO_2 (suhi led) u metanol ili aceton u Dewarovoj posudi mogu se postići temperature **do $-72\text{ }^\circ\text{C}$ odnosno $-85\text{ }^\circ\text{C}$** .

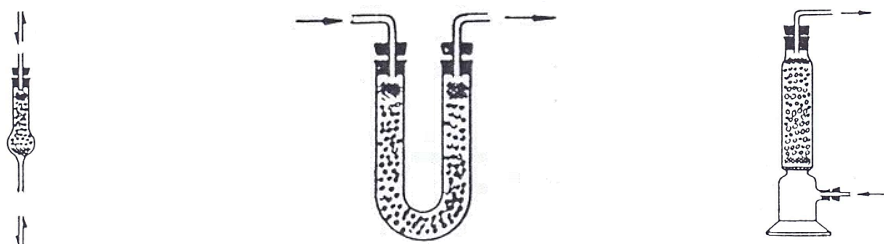
Tekući dušik: ukoliko su potrebne niže temperature do **$-196\text{ }^\circ\text{C}$** tada se kao rashladno sredstvo koristi tekući dušik.

Najčešća sredstva za sušenje čvrstih tvari i plinova koja se koriste u eksikatorima, ispiralicama i U-cijevima

Sredstvo za sušenje	Primjenjuje se kao sredstvo za sušenje:	Ne može se upotrijebiti kao sredstvo za sušenje:
P_2O_5 (P_4O_{10})	neutralnih i kiselih plinova, CS_2 , ugljikovodika, otopina kiselina	bazičnih tvari, alkohola, etera, HCl , HF
H_2SO_4	neutralnih i kiselih plinova	nezasićenih spojeva, alkohola, ketona, bazičnih tvari, H_2S , HI
NaOH , KOH	amonijaka, amina, etera, ugljikovodika	aldehida, ketona, kiselih spojeva
CaCl_2	ugljikovodika, acetona, etera, neutralnih plinova, HCl	alkohola, amonijaka, amina
Na_2SO_4 , MgSO_4	estera	
Silikagel		HF



Različite izvedbe ispiralica za sušenje i čišćenje plinova



Kruta sredstva za sušenje plinova stavljaju se u ravne staklene cijevi, klor-kalcijeve cjevčice ili U-cijevi. Također se koriste i tornjići za sušenje plinova.

Literatura:

1. M. Sikirica, B. Korpar-Čolig, *Kemija s vježbama*, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
2. V. Mayer, *Eksperimentalna nastava kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
3. B. Bach-Dragutinović, B. Mayer, *Praktikum opće i anorganske kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 1988.
4. M. Sikirica, *Metodika nastave kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 2003.
5. M. Sikirica, B. Korpar-Čolig, *Praktikum iz opće kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
6. M. Sikirica, *Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu*, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
7. M. Herak, Lj. Kušec, D. Galas, *Laboratorijske vježbe iz fizikalne kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 1978.
8. S. Rupčić Petelinc, Z. Weihnacht, *Praktikum iz fizikalne kemije*, za srednje strukovne škole, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
9. T. Begović, M. Luetić, V. Petrović Peroković, R. Ruić Funčić, S. Rupčić Petelinc, L. Šarić, D. Turčinović, *Kemija 2*, udžbenik gimnazije u drugom razredu gimnazije, Školska knjiga, Zagreb, 2020.
10. A. Habuš, M. Barić Tominac, S. Liber, D. Bajić, *Kemija 2*, udžbenik kemije za drugi razred gimnazije, Profil Klett, Zagreb, 2020.
11. A. Habuš, M. Barić Tominac, S. Liber, D. Bajić, *Kemija 2*, zbirka riješenih primjera i zadataka iz kemije za učenike drugih razreda gimnazije, Profil Klett, Zagreb, 2020.
11. M. Cindrić, M. Rubčić, *Praktikum anorganske kemije 1*, skripta za internu upotrebu, Zagreb, 2012.
12. Generalić, Eni. "Galerija slika iz kemije." *EniG. Periodni sustav elemenata*. KTF-Split, 22 Jan. 2021. Web. 20 June 2021. <<https://www.periodni.com/gallery/slike.php>>
13. <https://www.ncvvo.hr/drzavna-matura-2020-2021-ljetni-rok-2/> (datum pristupa: 1. kolovoza 2021.)