

ŠOLSKI CENTER CELJE

SREDNJA ŠOLA ZA KEMIJO ELEKTROTEHNIKO IN RAČUNALNIŠTVO

POT NA LAVO 22, CELJE



.....
Srednja šola za kemijo,
elektrotehniko in računalništvo

ANALIZA STEKLENEGA DROBLJENCA

Mentorica:

Irena Drofenik, univ. dipl. kem.

Avtor:

Nejc Močnik, K4a

Celje, januar 2018

KAZALO VSEBINE

KAZALO SLIK	2
KAZALO TABEL	2
POVZETEK	3
BRIEFING	4
ZAHVALA	5
1. UVOD	6
Hipoteze:	6
2. TEORETIČNI DEL	7
Teoretične osnove, steklo	7
Natrijevo steklo	8
Kvarčno steklo	8
Boratno steklo	9
Kristalno steklo	9
Pobarvana stekla	10
3. METODE DE LA	11
Določanje hidroksidnih ionov	11
Določanje natrijevih ionov	12
4. PRAKTIČNI DEL	13
Določanje hidroksidnih ionov	13
Določanje natrijevih ionov	16
5. RAČUNI	17
Standardizacija:	17
Koncentracija OH ⁻ ionov	19
Izračun koncentracij Na ⁺ ionov z grafom:	22
6. SKLEPI IN ZAKLJUČEK	25
7. LITERATURA	26

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer uporabe stekla v kemiji (vir: Google slike, 2018)	7
Slika 2: Prikaz zgradbe navadnega stekla (vir: Google slike, 2018)	8
Slika 3: Primerjava struktur stekel (vir: Google slike, 2018)	9
Slika 4: Steklo s primesmi kobalta (vir: Google slike, 2018)	10
Slika 5: Preskok barve indikatorja metil rdeče (vir: Google slike, 2018)	11
Slika 6: Prikaz vzbujenega stanja natrijevega iona (vir: Google slike, 2018)	12
Slika 7: Molekula HCl (vir: Wikipedija, 2018)	14
Slika 8: Molekula natrijevega karbonata (vir: Wikipedija, 2018)	14
Slika 9: Molekula metil rdeče (vir: Wikipedija, 2018)	15
Slika 10: Molekula metiloranž (vir: Wikipedija, 2018)	15
Slika 11: Umeritvena krivulja za koncentracijo natrijevih ionov v vzorcih (vir: lasten, 2018)	17

KAZALO TABEL

Tabela 1: Enot Na ionov	17
Tabela 2: Volumni porabe pri titraciji z klorovodikovo kislino	19
Tabela 3: Koncentracije OH ionov	20
Tabela 4: Količina Na ₂ O na gram drobljenca	23
Tabela 5: Povzetek rezultatov	24

POVZETEK

Namen moje raziskovalne naloge je ovrednotiti razlike med hidroliznimi razredi različnih stekel. Zanimale so me točne vrednosti hidroliziranih ionov, tako da sem lahko primerjal njihovo uporabnost v kemijski tehnologiji. Z volumetrično titracijo in plamenskim fotometrom sem v raztopinah kuhanega drobljenca določal količino Na^+ in OH^- ionov. Po dobljenih rezultatih lahko deduciram, da so hidrolizne stopnje zelo različne in večina navadnih stekel ni primerna za natančnejše kemijske analize. Do najmanjše obrabe oz. razpada materiala pride pri vzorcu boratnega stekla. Seveda ima borosilikatno steklo tudi druge mehanske prednosti pred drugimi vrstami stekel, zato je glavna vrsta stekla uporabljena v kemijski tehnologiji.

BRIEFING

The purpose of this research paper was to identify the main differences in levels of hydrolysis in different types of glass. I was interested in the exact number of dissolved ions for each type of glass respectively, to compare their useability in analytic chemistry. I was measuring the concentration of Na^+ and OH^- ions of ground up glass with a volumetric neutralisation titration (OH^-) and a flame photometer (Na^+). From my results, I can deduce that the hydrolysis levels vary greatly depending on the type of glass, rendering most of the glass types useless in analytical chemistry. The type of glass that proved to be the best was borosilicate glass, which is the main glass used in laboratory equipment. It also has some other mechanical properties that benefit us at our laboratory work.

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil šolski laborantki, za predlog tematike te raziskovalne naloge in njeno pomoč pri opravljanju raziskovalnega dela in za preskrbo z vsem potrebnim inventarjem za opravljanje le-tega. Posebna zahvala pa je namenjena tudi šolski mentorici, ki je usmerjala nastanek naloge, priskrbela teoretične osnove, literaturo in nekaj vzorcev za raziskavo.

1. UVOD

Steklo je že več kot pet tisoč let za človeka pomembna in uporabna dobrina. V 21. stoletju, pa je povpraševanje po njem večje kot kadarkoli. Na trg prihajajo nove vrste visoko odpornih, optičnih in okrasnih stekel. Tako je za nas pomembno, da smo dobro seznanjeni z njihovimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi. Tako lahko zagotavljamo kakovost izdelkov, še posebej steklovine, ki se uporablja za kemijsko-analizne in optične namene. Cilji naloge so bili določiti razpadne stopnje (hidrolizne razrede) različnih vrst steklenega drobljenca. Metodologija raziskave je namenjena določanju kemijske obstojnosti stekla v vroči vodi. Primerjalno in zaradi zanimanja sem v raziskavo poleg borosilikatnega (laboratorijskega), natrijevega (navadnega) in dveh z primesmi kovinskih oksidov (pobarvanih) dodal še kristalno steklo, ki se uporablja v optiki. Določeno količino stekla kuhamo v destilirani vodi. Po ohladitvi določimo izločeno množino OH^- in Na^+ ionov, ki nastanejo z raztapljanjem alkalijskih in zemeljskoalkalijskih oksidov iz stekla. Steklo razporedimo v hidrolizne razrede.

Za določanje OH^- ionov uporabimo volumetrično metodo. Vodo po kuhanju titriramo s standardno raztopino HCl ($c = 0,01 \text{ mol/L}$) in indikatorjem metil rdeče ($\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$). Kislino standardiziramo z natrijevim karbonatom (Na_2CO_3).

Za določanje Na^+ ionov uporabimo plamenski spektrofotometer. Koncentracijo le-tega podamo kot je navada pri analizi silikatov, z masno koncentracijo Na_2O v mg/L raztopine.

Za pridobitev steklenega drobljenca je bilo uporabljeno navadno kladivo. Zdrobljeno steklo presejemo z vibracijskim sitom. Da zagotovimo konstantno velikost drobljenca uporabimo dve siti (zgoraj $500 \mu\text{m}$, spodaj $315 \mu\text{m}$).

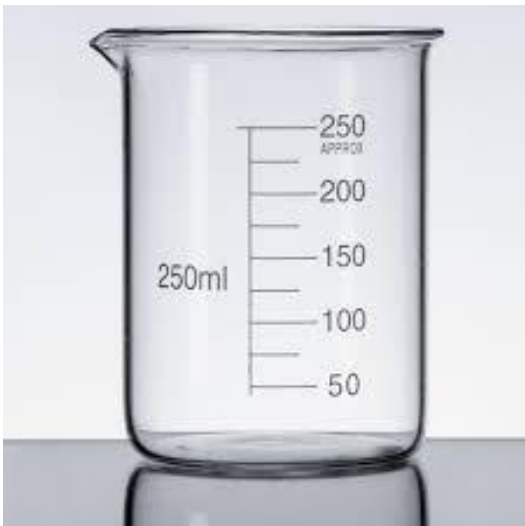
Hipoteze:

1. Koncentracija natrijevih ionov po kuhanju drobljenca bo največja v navadnem in obarvanem steklu in najmanjša v kristalnem steklu.
2. Koncentracija hidroksidnih ionov bo najmanjša v bolj inertnem in odpornem borosilikatnem steklu in največja v navadnem natrijevem steklu.
3. Stekla, ki so različno obarvana, se med seboj ne razlikujejo po vsebnosti natrijevih in hidroksidnih ionov, v kolikor so bila narejena iz enakih koncentracij sode (Na_2CO_3) in kremena (SiO_2).

2. TEORETIČNI DEL

Teoretične osnove, steklo

Steklo je amorfna nekristalinična prozorna trdnina z veliko praktično tehnološko in dekorativno vrednostjo npr. okensko steklo, izolacijski material, optična vlakna in kemijski inventar. Njegova glavna sestavina je silicijev dioksid ali kremen (SiO_2). Kremenu se zaradi različnih želenih lastnosti ali lažje obdelave dodajajo oksidi drugih kovin ali nekovin. V znanosti se termin steklo uporablja širše in zajema vse trdnine, ki imajo amorfno zgradbo in ob segrevanju zavzamejo posebno stanje, ko se segrevajo proti temperaturi tališča. V tem smislu pod stekla spadajo tudi porcelani in nekateri termoplasti. Steklo je izjemno uporabno zaradi njegove prepustnosti za vidno svetlobo, ki je polikristalinične snovi ne dopuščajo. Njegova površina je običajno gladka, ker se med strjevanjem molekule podležejo površinski napetosti, ki jih zloži v zelo gladko površino. Okoli 90% vsega proizvedenega stekla je natrijevo steklo, ki se uporablja v vsakdanje namene, okna, posoda itd. Kompozicija navadnega stekla je sledeča: 72% silicijevega dioksida, 13% natrijevega oksida 11% kalcijevega oksida, 4% drugo. Njegove druge fizikalne lastnosti so: visoka viskoznost, ki pada s temperaturo, začne se mehčati pri 500-700 °C, v raztaljenem stanju ga lahko pihamo, vlečemo, ekstrudiramo, in vlivamo v različne votle izdelke, plošče ali bolj zapletene predmete. Steklo, ki ni laminirano ali kako drugače termično obdelano, je krhko in lomljivo, po drugi strani pa izredno trdno. Stekla so dobri električni izolatorji, nimajo vonja in se zaradi gladke površine dobro čistijo. Zaradi inertnosti so odporna na večino kislin in topil, torej primerna za izdelavo posod in hranjenje večine kemikalij.



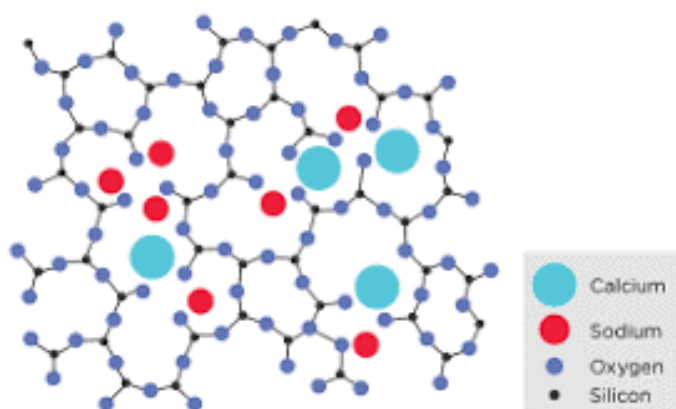
Slika 1: Primer uporabe stekla v kemiji (vir: Google slike, 2018)

Natrijevo steklo

Je vrsta stekla ki se uporablja za ravno steklo, večino posode in električne luči itd. Zavzema več kot 90% vsega svetovnega stekla. Njegova receptura ostaja nespremenjena že več sto let. Zgrajen je iz približno 72% silicijevega dioksida, ki ga dobimo iz peska, 13% natrijevega oksida iz sode, 11% kalcijevega oksida iz apnenca in 4 % drugih sestavin. Natrijevo steklo je poceni, lahko se ga obdeluje in je dokaj trdno in obstojno. Zaradi lahke obdelovalne zmožnosti je najbolj primerno recikliranju.

Zaradi velike vsebnosti sode in posledično natrijevega oksida v samem steklu, lahko sklepamo, da bo po hidrolizi raztopina vsebovala veliko količino OH^- ionov.

Spodnja slika prikazuje zgradbo navadnega stekla. Vidna je neenakomerna/amorfna zgradba stekla, med silicijevim oksidom so vrinjeni tudi drugi kovinski in nekovinski ioni. Temno modra barva predstavlja kisik, črna silicij, svetlo modra kalcij in rdeča natrij.

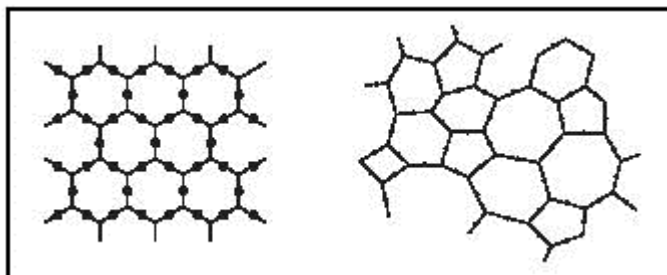


Slika 2: Prikaz zgradbe navadnega stekla (vir: Google slike, 2018)

Kvarčno steklo

Kvarčno steklo je izredno termično odporno, ki je v celoti zgrajeno iz silicijevega dioksida. Lahko ga segrejemo do zelo visokih temperatur in nato hitro ohladimo brez kakršnihkoli mikro poškodb. Je zelo drago, saj je med proizvodnjo potrebno vzdrževati zelo visoke temperature. Uporablja se v optične namene, za izdelavo leč, optičnih vlaken, kvarčnih kivet itd. Za razliko od ostalih vrst stekla je njegova struktura kristalno urejena. To dosežemo z popolno čistostjo materiala. Ker ne vsebuje natrijevega oksida, po kuhanju ne pričakujemo spremembe v koncentraciji natrijevih in hidroksidnih ionov.

Spodnja slika prikazuje primerjavo strukture kvarčnega stekla (levo) s strukturo drugih stekel (levo).



Slika 3: Primerjava struktur stekel (vir: Google slike, 2018)

Boratno steklo

Zaradi zelo nizkih koeficientov specifičnega toplotnega raztezka je dobro odporno proti temperaturnemu šoku. Sestavljeno je iz približno 80% silicijevega oksida, 4% natrijevega oksida, 2% aluminijevega oksida in 13% borovega oksida. Je manj odporno proti visokim temperaturam kot kvarčno steklo, toda še vseeno primerno za uporabo v kemiji in posodah za kuhanje. Nizka atomska masa bora zniža gostoto boratnega stekla na povprečno $2,23 \text{ g/cm}^3$.

Zaradi zelo nizke vsebnosti natrijevega oksida in veliki inertnosti v boratnem steklu in laboratorijskem inventarju (ki je bil v poizkusu uporabljen) pričakujemo, da bo količina OH^- ionov po hidrolizi najmanjša od vseh stekel.

Kristalno steklo

Kristalno ali svinčeno steklo je narejeno podobno kot natrijevo steklo, le da se v sestavi kalcijev oksid zamenja s svinčevim. Svinčeno steklo se stali pri nižjih temperaturah in ga zato lažje ročno obdelujemo. Je cenovno dražje kot natrijevo steklo. Zaradi prisotnosti svinca v strukturi, steklo pridobi lep sijaj. Tako je uporaben za dekorativno steklovino. Z dodajanjem svinčevega oksida steklo prav tako pridobi večji lomni količnik. Bolje razpršuje svetlobo in zato lahko z manjšo debelino leče dosežemo isti učinek kot z navadno. Vrednosti indeksa se gibljejo okoli 1,75, pri navadnem steklu pa 1,5. Pridobi tudi izboljšane električne lastnosti. Da je steklo po sodobnih standardih tretirano kot kristalno, mora vsebovati najmanj 24% svinčevega oksida (PbO). Visoka atomska masa svinca dvigne gostoto stekla na $3,1 \text{ g/cm}^3$.

Pobarvana stekla

Pobarvana stekla dobijo svojo barvo od različnih kovinskih oksidov, ki se steklu dodajajo kot legirni elementi. Te koncentracije so zelo majhne. Na primer 1 delec na 50000 nikljevega oksida steklu da rumeno barvo, če koncentracijo povečujemo dobimo močnejše, temnejše barve.

V raziskavi sem uporabil dve vrsti pobarvanega stekla:

Modro obarvanje dosežemo z dodajanjem kobaltovega oksida (približno 1 delec na 10000).

Rjavo obarvanje dosežemo z dodajanjem železovega oksida s primesmi žvepla in ogljika.

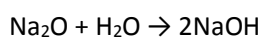


Slika 4: Steklo s primesmi kobalta (vir: Google slike, 2018)

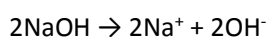
3. METODE DE LA

Določanje hidroksidnih ionov

Hidroksidne ione po hidrolizi steklenega drobljenca določimo z volumetrično titracijo. Pri kuhanju drobljenca v vodo prehajajo molekule natrijevega oksida (Na_2O) in reagirajo z vodo po enačbi:

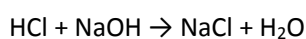


Iz tega sledi:

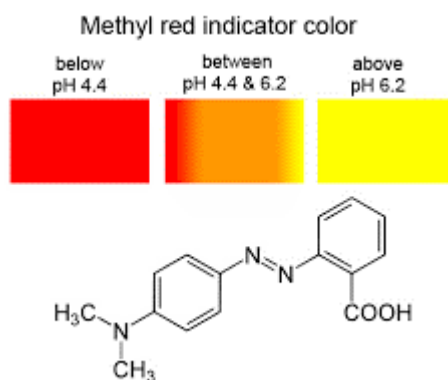


Hidroksidne ione v raztopini lahko tako titriramo s standardno raztopino klorovodikove kisline (HCl_{aq}).

V raztopini tako nastaja voda in natrijev klorid po enačbi:



Titriramo z indikatorjem metil rdeče do preskoka barve iz rumene v čebulno.



Slika 5: Preskok barve indikatorja metil rdeče (vir: Google slike, 2018)

Ker je število hidroksidnih in oksonijevih ionov v ekvivalentnem stanju enako (pH7) lahko koncentracijo hidroksidnih ionov izračunamo po naslednji enačbi:

$$n_{\text{HCl}} = n_{\text{NaOH}}$$

$$c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$$

$$\frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{NaOH}}} = c_{\text{NaOH}}$$

Ko izračunamo koncentracijo hidroksidnih ionov, lahko vrednost preračunamo na mole hidroksidnih ionov na gram drobljenca:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{HCl}}}$$

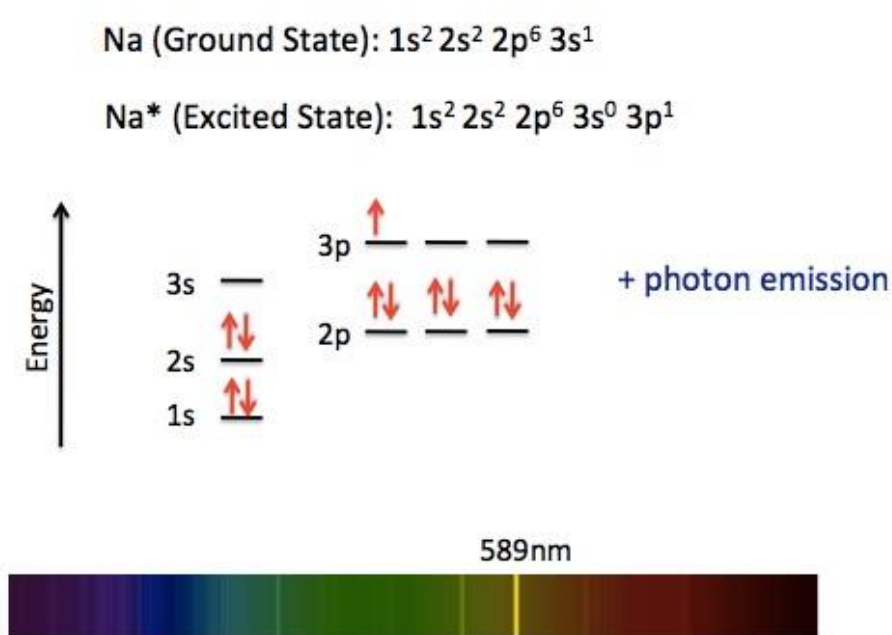
$$n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}} \cdot V_{\text{NaOH}}$$

$$! D_{\text{OH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{m_z}$$

Določanje natrijevih ionov

Natrijeve ione v raztopini hidroliziranega drobljenca določamo fotometrično. Zrak in gorivo se pomešata in zgorita v plamenu. Injektor črpa in razprši kapljice vzorca. Ione v vzorcu plamen vzbuja. Ko ti atomi dobijo višek energije, jo za trenutek vpijejo, nato pa jo v okolico spet oddajo v obliki fotonov. Valenčni elektroni preskočijo na višji energijski nivo. Tam ne ostanejo dolgo (10^{-8} s), preskočijo nazaj na nižji nivo in pri tem sevajo običajno vidno svetlobo valovnih dolžin specifičnih za posamezne ione. Filter prepušča samo fotone, ki so specifični za posamezne ione. Detektor je fotocelica, ki količino fotonov spremeni v električni tok. Količina ionov vzorcu in intenziteta električnega toka sta v pravilnem koncentracijskem območju premo sorazmerna.

Da lahko koncentracije izmerimo moramo pripraviti standardne raztopine za umeritveno krivuljo. Te pripravimo s sušenim natrijevim kloridom.



Slika 6: Prikaz vzbujenega stanja natrijevega iona (vir: Google slike, 2018)

4. PRAKTIČNI DEL

Določanje hidroksidnih ionov

Vzorci stekla s kladivom zdrobimo (obvezno uporabljamo zaščitna očala). Zdrobljeno steklo presejemo na sitih (zgoraj 500 μ m, spodaj 315 μ m) tako, da dobimo 2g steklenega drobljenca, ki ostane med obema sitoma.

Vodno kopel pripravimo do vrenja. 2g steklenega drobljenca damo v 50ml bučko, nekajkrat speremo s 30ml vode (bučko stresamo, nato vodo z ostanki finega steklenega prahu previdno odlijemo). Po zadnjem odlitju izpiralne vode, napolnimo bučko do začetka vratu z destilirano vodo. Bučko obesimo do polovice višine vratu v vrelo vodno kopel in začnemo meriti čas. Po (3 - 5) min doseže voda v bučki 90°C (to temperaturo vzdržujemo), šele takrat bučko zamašimo in jo pustimo 60 min zaprto v vodni kopeli. Bučko ohladimo najprej na zraku in nato še pod tekočo vodo. Do oznake dopolnimo z destilirano vodo. Dobro zmešamo in s polnilno pipeto v ernelmajerico prenesemo 25mL te vode. Dodamo še 2 kapljici indikatorja (metil rdeče) in titriramo s standardno raztopino HCl ($c = 0,01\text{mol/L}$) do preskoka barve. Poraba kisline je za različne vrste stekla različna in znaša od $c = (0,2 - 1)$ mL za 1g steklenega drobljenca. Na osnovi porabe kisline pri titraciji izračunamo količino izločenih OH⁻ ionov na gram steklenega drobljenca.

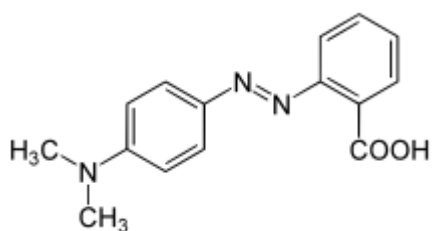
Za delo smo potrebovali naslednji inventar:

- kladivo,
- posoda za drobljenje,
- vibracijsko sito,
- sito premera 500 μ m,
- sito premera 315 μ m,
- filter papir,
- merilna bučka 5x, 50mL,
- ernelmajerica 5x, 250mL,
- polnilna pipeta,
- bireta,
- vodna kopel.

- Metil rdeče, $C_{15}H_{15}N_3O_2$ aq(etanol)

H: Vnetljiva tekočina, draži oči.

P: Ob ravnanju s kemikalijo nosimo zaščitna očala, po delu si temeljito umijemo roke, ob stiku z očmi odstranimo leče in spiramo z vodo.



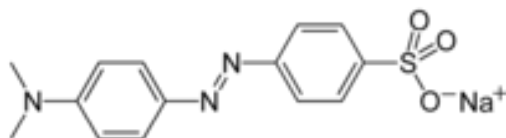
Slika 9: Molekula metil rdeče (vir: Wikipedija, 2018)

- Metil oranž, $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$ aq

H: Strupeno pri zaužitju

P: Dobro izpirati roke ob stiku s kožo, preprečimo zaužitje.

Ob stiku z očmi odstranimo leče in spiramo z vodo.



Slika 10: Molekula metiloranž (vir: Wikipedija, 2018)

Določanje natrijevih ionov

Količino Na^+ ionov določimo fotometrično in jo podamo kot je navada pri analizi silikatov; z masno koncentracijo Na_2O v mg/L raztopine ali z masnim deležem z enoto $\mu\text{g/g}$ steklenega drobljenca.

Za analizo porabimo preostanek ekstrakta po kuhanju v vodni kopeli, ki ga prefiltriramo v čašo. V 50mL merilno bučko odpipetiramo 5mL te raztopine in dopolnimo do oznake. Raztopine za umeritveno krivuljo si pripravimo iz standardne raztopine NaCl s koncentracijo 100mg Na^+ /L. Iz osnovne raztopine si pripravimo šest raztopin po 100mL, tako da bodo raztopine vsebovale od 0,2 do 1,2 mg Na^+ ionov.

Izračunamo volumne osnovne raztopine za vse koncentracije in jih odmerimo z bireto v merilne bučke. Z vodo dopolnimo do oznake in premešamo. Prelijemo jih v označene čašice. S plamenskim fotometrom izmerimo jakost imitirane svetlobe posameznim raztopinam.

Narišemo diagram odvisnosti jakosti imitirane svetlobe od koncentracije, da dobimo umeritveno krivuljo in z njeno pomočjo odčitamo koncentracijo vzorcev.

Rezultat podamo kot količino izločenega Na_2O na gram steklenega drobljenca.

Za delo smo potrebovali naslednji inventar:

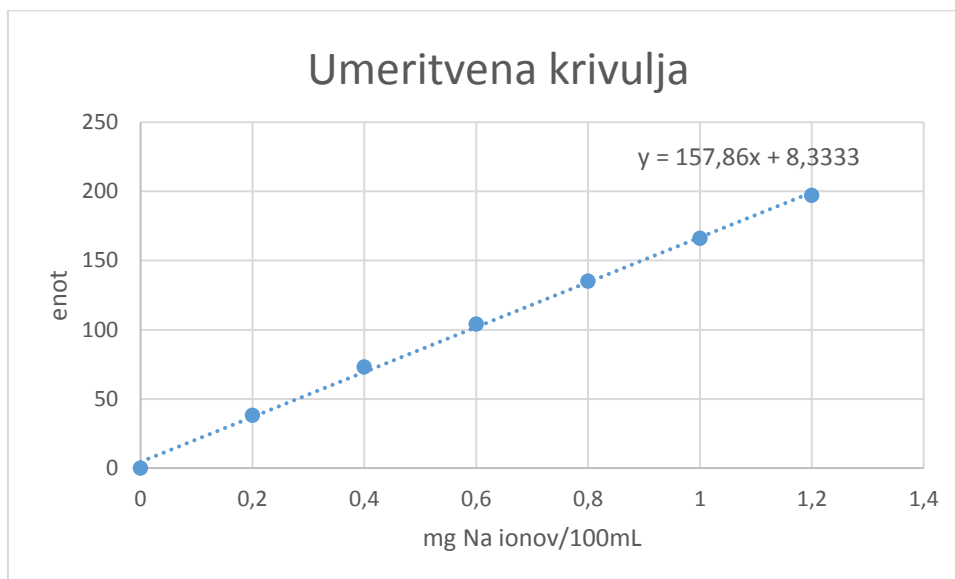
- kladivo,
- posoda za drobljenje,
- vibracijsko sito,
- sito premera 500 μm ,
- sito premera 315 μm ,
- filter papir,
- merilna bučka 5x, 50mL,
- ernelmajerica 5x, 250mL,
- polnilna pipeta,
- bireta,
- vodna kopel.

Za delo smo potrebovali naslednje kemikalije:

- Natrijev klorid, NaCl

H: /

P: /.



Slika 11: Umeritvena krivulja za koncentracijo natrijevih ionov v vzorcih (vir: lasten, 2018)

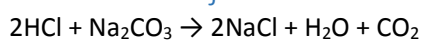
Linearna enačba trendne črte : $y = 157,86x + 8,3333$

Vzorec stekla	boratno	kristalno	rjavo	modro	navadno
enot	41	11	55	11	30

Tabela 1: Enot Na ionov

5. RAČUNI

Standardizacija:



Razmerje zreagiranih molov reaktantov je enako 2/1 :

$$n_{\text{HCl}} = 2 \cdot n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

$$\frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{2} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{c_{\text{HCl}} \cdot V_{\text{HCl}} \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{2}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{0,01 \text{ mol/L} \cdot 0,025 \text{ L} \cdot 105,9888 \text{ g/mol}}{2}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 0,0132 \text{ g}$$

Mase zatehtov natrijevega karbonata:

$$m_1 = 0,0153 \text{ g}$$

$$m_2 = 0,0151 \text{ g}$$

$$m_3 = 0,0156 \text{ g}$$

Volumni porabe klorovodikove kisline:

$$V_1 = 30,7 \text{ mL}$$

$$V_2 = 30,5 \text{ mL}$$

$$V_3 = 32,2 \text{ mL}$$

Koncentracija klorovodikove kisline:

$$c_1 = \frac{2 \cdot m_1 - \text{Na}_2\text{CO}_3}{M_1 - \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot V_1 - \text{HCl}}$$

$$c_2 = \frac{2 \cdot m_2 - \text{Na}_2\text{CO}_3}{M_2 - \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot V_2 - \text{HCl}}$$

$$c_3 = \frac{2 \cdot m_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3}{M_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot V_3 - \text{HCl}}$$

$$c_1 = \frac{2 \cdot 0,0153 \text{ g}}{105,9888 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0307 \text{ L}}$$

$$c_1 = 0,009404 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_2 = \frac{2 \cdot 0,0151 \text{ g}}{105,9888 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0305 \text{ L}}$$

$$c_2 = 0,00934 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_3 = \frac{2 \cdot 0,0156 \text{ g}}{105,9888 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 0,0322 \text{ L}}$$

$$c_3 = 0,009142 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Zaradi odstopanja tretjo paralelko izločimo.

$$c_{\text{kislina}} = \frac{c_1 + c_2}{2}$$

$$c_{\text{kislina}} = \frac{0,009404 \frac{\text{mol}}{\text{L}} + 0,00934 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{2}$$

$$c_{\text{kislina}} = 0,009372 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Volumni porabe pri titraciji vzorcev z klorovodikovo kislino:

Vzorec stekla	boratno	kristalno	rjavo	modro	navadno
V [mL]	0,35	0,40	0,75	0,80	0,50

Tabela 2: Volumni porabe pri titraciji z klorovodikovo kislino

Koncentracija OH⁻ ionov

$$c_{HCl}V_{HCl} = c_{OH}V_{OH}$$

$$c_{OH} = \frac{c_{HCl}V_{HCl}}{V_{OH}}$$

Boratno steklo:

$$c_{OH} = \frac{0,009372 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,35 \text{mL}}{25 \text{mL}} = 0,0001312 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Kristalno steklo:

$$c_{OH} = \frac{0,009372 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,40 \text{mL}}{25 \text{mL}} = 0,0001500 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Rjavo steklo:

$$c_{OH} = \frac{0,009372 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,75 \text{mL}}{25 \text{mL}} = 0,0002812 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Modro steklo:

$$c_{OH} = \frac{0,009372 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,80 \text{mL}}{25 \text{mL}} = 0,0002999 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Natrijevo steklo:

$$c_{OH} = \frac{0,009372 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,50 \text{mL}}{25 \text{mL}} = 0,0001874 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Vzorec stekla	boratno	kristalno	rjavo	modro	navadno
C [mmol/L]	0,1312	0,1500	0,2812	0,2999	0,1874

Tabela 3: Koncentracije OH ionov

Zatehti steklenega drobljenca

Boratno steklo:

$$m = 2,0689\text{g}$$

Kristalno steklo:

$$m = 2,0658\text{g}$$

Rjavo steklo:

$$m = 1,9994\text{g}$$

Modro steklo:

$$m = 2,0087\text{g}$$

Natrijevo steklo:

$$m = 2,0682\text{g}$$

Količina OH⁻ ionov na gram steklenega drobljenca [σ]:

$$n_{OH} = c_{OH} \cdot V_{prvotni}$$

$$\sigma = \frac{n_{OH}}{m_{prvotni}}$$

Boratno steklo:

$$n_{OH} = 0,0001312 \frac{mol}{L} \cdot 0,05L$$

$$n_{OH} = 0,00000656 mol$$

$$\sigma = \frac{0,00000656 mol}{2,0689g}$$

$$\sigma = 0,0032 \frac{mmol}{g}$$

Kristalno steklo:

$$n_{OH} = 0,0001500 \frac{mol}{L} \cdot 0,05L$$

$$n_{OH} = 0,0000075 mol$$

$$\sigma = \frac{0,0000075 mol}{2,0658g}$$

$$\sigma = 0,0036 \frac{mmol}{g}$$

Rjavo steklo:

$$n_{OH} = 0,0002812 \frac{mol}{L} \cdot 0,05L$$

$$n_{OH} = 0,00001406 mol$$

$$\sigma = \frac{0,00001406 mol}{1,9994g}$$

$$\sigma = 0,0070 \frac{mmol}{g}$$

Modro steklo:

$$n_{OH} = 0,0002999 \frac{mol}{L} \cdot 0,05L$$

$$n_{OH} = 0,000014995 mol$$

$$\sigma = \frac{0,000014995 mol}{2,0087g}$$

$$\sigma = 0,0075 \frac{mmol}{g}$$

Natrijevo steklo:

$$n_{OH} = 0,0001874 \frac{mol}{L} \cdot 0,05L$$

$$n_{OH} = 0,00000937 mol$$

$$\sigma = \frac{0,00000937 mol}{2,0682g}$$

$$\sigma = 0,0045 \frac{mmol}{g}$$

Izračun koncentracij Na⁺ ionov z grafom:

Boratno steklo:

$$y = 41$$

$$41 = 157,86x + 8,3333$$

$$157,86x = 41 - 8,3333$$

$$157,86x = 32,6667$$

$$x = \frac{32,6667}{157,86}$$

$$x = 0,2069 \frac{mg}{100ml}$$

Kristalno steklo:

$$y = 11$$

$$11 = 157,86x + 8,3333$$

$$157,86x = 11 - 8,3333$$

$$157,86x = 2,6667$$

$$x = \frac{2,6667}{157,86}$$

$$x = 0,0169 \frac{mg}{100ml}$$

Rjavo steklo:

$$y = 55$$

$$55 = 157,86x + 8,3333$$

$$157,86x = 55 - 8,3333$$

$$157,86x = 46,6667$$

$$x = \frac{46,6667}{157,86}$$

$$x = 0,2956 \frac{mg}{100ml}$$

Modro steklo:

$$y = 11$$

$$11 = 157,86x + 8,3333$$

$$157,86x = 11 - 8,3333$$

$$157,86x = 2,6667$$

$$x = \frac{2,6667}{157,86}$$

$$x = 0,0169 \frac{mg}{100ml}$$

Natrijevo steklo:

$$y = 30$$

$$30 = 157,86x + 8,3333$$

$$157,86x = 30 - 8,3333$$

$$157,86x = 21,6667$$

$$x = \frac{20,6667}{157,86}$$

$$x = 0,1373 \frac{mg}{100ml}$$

Pretvorba enot v $\mu g(Na_2O)/g(\text{drobljenca})$:

Po izpeljavi formule za pretvorbo dobimo naslednjo enačbo, v katero ustavljamo spremenljivki X(koncentracija $Na^+/100mL$) in Y(masa zatehtanega drobljenca g).

$$6 = \frac{X \cdot 61,9789 \frac{mg}{mmol} \cdot 1000}{4 \cdot 22,99 \frac{mg}{mmol} \cdot Y}$$

Vzorec stekla	boratno	kristalno	rjavo	modro	navadno
6 [$\mu g/g$]	67,4042	5,5137	99,6437	5,6704	44,7428

Tabela 4: Količina Na_2O na gram drobljenca

Vzorec stekla	boratno	kristalno	rjavo	modro	navadno
zatehti [g]	2,0689	2,0658	1,9994	2,0087	2,0682
Na [$\mu\text{g/g}$]	67,4042	5,5137	99,6437	5,6704	44,7428
OH [mmol/L]	0,1312	0,15	0,2812	0,2999	0,1874

Tabela 5: Povzetek rezultatov

6. SKLEPI IN ZAKLJUČEK

Po končani raziskavi lahko ovrednotimo ugotovitve in jih primerjamo s postavljenimi hipotezami. Prvo hipotezo lahko potrdim; koncentracija Na^+ ionov je največja v navadnih in v obarvanih steklih, saj se pri njihovi izdelavi uporabi velik delež sode. Kristalno steklo ne vsebuje Na^+ ionov, saj so njegovi gradniki molekule SiO_2 . Z drugo hipotezo sem potrdil obstojnost in inertnost borosilikatnega stekla, ki je pomembno v kemijski tehnologiji. Obarvana stekla različnih barv se med seboj ne razlikujejo v koncentracijah OH^- in Na^+ ionov, če so ta narejena iz enakih baz (osnova, kateri proizvajalec dodaja barvo). Tekom raziskave sem ugotovil, da različna barvila zahtevajo različne deleže snovi v bazi. Zadnjo hipotezo lahko tako le delno potrdim. Pri opravljanju analiz sem se srečal tudi z nekaj težavami. Če bi analize ponavljal bi lahko naslednjič pripravil primernejšo umeritveno krivuljo za določanje Na^+ ionov. Prav tako bi bilo potrebno izvesti več paralelk.

7. LITERATURA

En.wikipedia.org. (2018). *Borosilicate glass*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Borosilicate_glass [Accessed 4 Mar. 2018].

En.wikipedia.org. (2018). *Glass*. [online] Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Glass> [Accessed 4 Mar. 2018].

En.wikipedia.org. (2018). *Glass coloring and color marking*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Glass_coloring_and_color_marking [Accessed 4 Mar. 2018].

En.wikipedia.org. (2018). *Lead glass*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Lead_glass [Accessed 4 Mar. 2018].

En.wikipedia.org. (2018). *Silicon dioxide*. [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_dioxide [Accessed 4 Mar. 2018].