

**XVIII.
GIMNAZIJA
MESIĆEVA 35, Zagreb**

Maturalni rad
ŽIVINO SRCE

Ljetni rok šk. god. 1996 /1997.

Učenik: **Kristijan Golubović**, 4a
Mentor: **prof. Petar Vrkljan**
Predmet: Kemija

Datum predaje rada:
15. Svibnja, 1997.

SADRŽAJ

1. Uvod	2
2. Teorijski dio	3
2.1. Živa	3
2.2. Katalizatori	3
2.3. Površinska napetost	4
2.4. Elektrokapilarnost	6
2.5. Redoks reakcije	7
2.6. Galvanski članci	8
3. Eksperiment	9
3.1. Materijal za pokus	9
3.2. Postupak	9
3.3. Opasnosti	9
4. Rasprava	10
5. Fotografije	11

1. Uvod

Proučavajući detaljnije pokus "živino srce", jasno nam je da se iza njega krije jedan sigurno zanimljiv mehanizam. Koje su to sile koje tjeraju jedan metal tako velike gustoće kao što je živa ($13,55 \text{ g/cm}^3$) da promijeni svoj oblik 2-3 puta u sekundi? Zašto se i kako sve to događa, te pri kojim uvjetima? Na ta i još neka druga pitanja nastojati ću odgovoriti u daljnjem tekstu.

Prvo ću se osvrnuti na pojave koje dolaze do izražaja tokom eksperimenta i razjasniti neke važnije pojmove vezane uz to područje. Za to će biti potrebno poblize objasniti pojmove kao što su: katalizatori, napetost površine i elektrokapilarnost (s kojima ću se dotaknuti fizike), te redoks reakcije i galvanske članke. No najprije ću reći par riječi o samoj živi - jedinom metalu koji je tekuć pri sobnoj temperaturi.

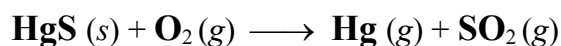
Na kraju ću pokušati objasniti mehanizam rada "*živinog srca*", upotrebljavajući gore navedene pojmove.

Zahvaljujem **prof. Petru Vrkljanu** na pomoći u pripremi ovog rada.

2. Teorijski dio

2.1. Živa

Živa (lat. hydrargyrum) se u prirodi može naći u elementarnom stanju (samorodna) ili, najčešće, u obliku sulfida HgS - cinabarita. Iz sulfida se živa dobiva prženjem rude (HgS) sa zrakom:



Elementarna je živa srebrnasto - bijeli metal, koji je pri sobnoj temperaturi tekuć. Vrlo je teška - gustoća joj je $13,55 \text{ g/cm}^3$ (za usporedbu - jedna litra žive ima masu veću od 13,5 kg), a od svih metala ima najniže talište: $-38,87 \text{ }^\circ\text{C}$ (slijede ju cezij, s talištem na $28,40 \text{ }^\circ\text{C}$ i galij s $29,78 \text{ }^\circ\text{C}$). U spojevima može biti jednovalentna i dvovalentna. Njezino je svojstvo, da se jednoliko širi s porastom temperature, iskorišteno je u živinim termometrima. Ima vrlo velik električni otpor - upravo je njome definirana jedinica otpora - Ω (om). Kao i svaka tekućina, živa isparava. Njezine su pare izrazito otrovne (kao i svi teški metali - olovo, kadmij), čak i u malim količinama, jer djeluju na živčani sustav. S mnogim metalima živa stupa u intermetalne spojeve (slitine) zvane amalgami već na sobnoj temperaturi. Tako se ona veže sa zlatom, srebrom, platinom, bakrom, cinkom, alkalijским metalima. Zavisno o udjelu drugoga metala, amalgami mogu biti tekući i kruti (npr. natrijev amalgam je tekuć do udjela natrija od 1,5%). Neki se tekući ili mekani amalgami stvrdnu sami od sebe nakon nekog vremena, pa se to svojstvo koristi i u stomatologiji (srebrne amalgamske plombe). Živine pare pri niskom tlaku, izložene električnom izbijanju emitiraju ultraljubičasto zračenje (UV-zračenje), što je iskorišteno za izradu žarulja za posebne namijene.

2.2. Katalizatori

Katalizatori su one tvari koje ubrzavaju reakciju, a na kraju reakcije ostaju nepromijenjene. Bit djelovanja katalizatora je da snižava energiju aktivacije (energija koja je potrebna jednom atomu ih' molekuli da bi uopće stupila u reakciju) i time pomiče ravnotežu u smjeru nastajanja određenoga produkta. Reakcija u kojoj sudjeluje **katalizator** zove se **katalitička reakcija**.

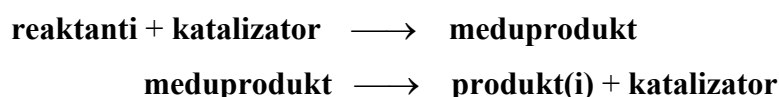
Razlikujemo dvije vrste katalitičkih reakcija:

a) homogene katalitičke reakcije.

U takvim je reakcijama **katalizator** molekulski dispegriran u reakcijskom sustavu. Tako su, npr. molekule NO (dušikov monoksid) katalizator pri reakciji spajanja SO_2 , O_2 i H_2O u H_2SO_4 :



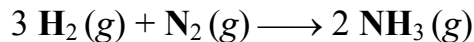
Pri tome i sam katalizator reagira sa reaktantima stvarajući međuprodukte, koji međusobno lakše reagiraju nego početni reaktanti. Nakon reakcije, molekule katalizatora su opet u početnom stanju. To bi se jednostavnije moglo izraziti shemom:



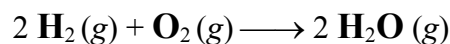
Zanimljivo je da kod nekih reakcija produkti sami mogu biti katalizator, tj. reakcija može katalizirati samu sebe. Taj se proces naziva autokataliza. To je slučaj s oksidacijom oksalata s permanganatom, pri kojoj Mn^{2+} - ioni (produkt) kataliziraju reakciju.

b) heterogene katalitičke reakcije.

U takvim je reakcijama katalizator zasebna faza, najčešće u krutom stanju, a glavnu ulogu igra površina katalizatora. Najrasprostranjeniji i najviše korišteni katalizatori su spužvasta platina ili platinski azbest, a koriste se u velikoj kemijskoj industriji prilikom dobivanja amonijaka



Ili kod Döbereinerovog upaljivača (u kojem se vodik i kisik spajaju u vodu već kod sobne temperature uz prisutnost spužvaste platine kao katalizatora).



Kao što sam već spomenuo, kod heterogenih katalitičkih reakcija glavnu ulogu igra površina katalizatora. Naime, dolazi do adsorpcije reaktanta na površinu katalizatora i stvaranja tankog (monomolekulskog - od jedne molekule) sloja. Tako se stvara dinamička ravnoteža između sloja na katalizatoru i preostalog reaktanta. Tako molekule reaktanata dolaze u kontakt na većoj površini, više molekula reagira u istom vremenu i reakcija se ubrzava. Molekule produkta reakcije difundiraju (prelaze) natrag u reakcijsku smjesu, na njihovo mjesto dolaze nove molekule reaktanata i reakcija teče dalje.

Za katalizatore je, dakle, važno napomenuti da mogu znatno ubrzati reakciju (koja bi inače u normalnim uvjetima tekla jako sporo ili bi se trebala izvoditi u promijenjenim uvjetima kao što su visoki ili niski tlak, visoka ili niska temperatura...), ali da ne pomiču ravnotežu reakcije. To znači da ako npr. u jednoj reakciji nastaje ravnoteža (reakcija se zaustavlja) kada je moli udio reaktanata 10%, a produkta 90% (u normalnim uvjetima), isto će vrijediti i uz primjenu katalizatora, samo što će reakcija teći mnogo brže. Također, katalizator može ubrzati samo onu reakciju koja je i inače spontana, tj. ona koja bi se i inače dogodila. Jednostavnije rečeno, uporabom katalizatora ne povećavamo iskoristivost neke reakcije.

2.3. Površinska napetost

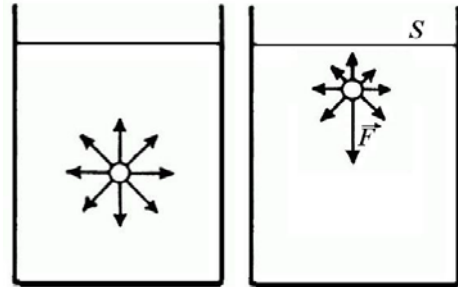
Površinska napetost spada u pojave koje jednim imenom zovemo *površinske pojave*, zato jer nastaju na graničnim površinama faza. Površinska napetost označava se grčkim slovom σ - sigma; jedinica je Nm^{-1} ili Jm^{-2} . Do površinske napetosti dolazi zato što čestice na površini neke tvari imaju drugačija (fizikalna) svojstva od čestica u unutrašnjosti iste tvari. Razlika čestica s površine i iz unutrašnjosti je ta da čestice na površini imaju slobodnu površinsku energiju (to je višak energije površinskog sloja tvari, u usporedbi s energijom iste mase tvari iz unutrašnjosti tijela). Fizikalno gledano, površinska je napetost rezultat međudjelovanja (privlačenja i odbijanja) čestica unutar tvari. Ona se razlikuje od tvari do tvari, ali ovisi i o tlaku i o temperaturi, tj. smanjuje se povećanjem temperature, jer time slabe i privlačne sile među česticama. Također napetost površine neke tvari se mijenja ovisno o tvarima s kojima se ona nalazi u dodiru. Tako će napetost biti najveća pri dodiru polarne i nepolarne tvari (npr. voda - staklo, voda - parafin), a najmanja između dvije polarne ili dvije nepolarne tvari

(npr. parafin - benzen). Na tome se temelji otapanje otapalima - mrlju od ulja nećemo ispirati vodom, već ćemo upotrijebiti benzin ili aceton (ili neko drugo nepolarno otapalo), ali kada se u radu u laboratoriju polijemo npr. sa sulfatnom ili kloridnom kiselinom (polarne tvari) nećemo posegnuti za benzinom, već ćemo mjesto zahvaćeno kiselinom ispirati vodom.

Površinska napetost nastaje na ovaj način: promatrajući dvije molekule; 1. - u unutrašnjosti tekućine i 2. - na površini tekućine (vidi sliku 2.3.1.), vidimo da na prvu molekulu djeluju iste privlačne sile i sile odbijanja, i to sa svih strana jednako.

Na drugu molekulu djeluju sa strana iste sile, te se one poništavaju, s donje strane na nju djeluju privlačne sile istovrsnih čestica (molekula tekućine), a s gornje strane samo slabe privlačne sile molekula plina. Tako se kod druge molekule sila koju vrše molekule plina ne poništavaju odgovarajućom protusilom, te molekula biva potisnuta u tekućinu. Tako se javlja površinska napetost - sila koja djeluje paralelno s površinom i nastoji maksimalno smanjiti veličinu površine.

Sl. 2.3.1.



To ima za posljedicu stvaranje kapi - tijela bliskog idealnom tijelu sa najmanjom površinom - kugli. To je najbolje izraženo kod žive, a najslabije kod organskih spojeva - tekućih ugljikovodika, alkohola, etera, petroleja. Ta se pojava iskorištava u proizvodnji sačme - rastaljeno olovo pusti se da kaplje s velike visine u vodu.

Zašto se nekoliko kapi žive slijevaju u jednu čim se dodirnu? U prirodi se, kao što znamo, spontano mogu odvijati samo one reakcije pri kojima se smanjuje slobodna energija sustava. Tako ne očekujemo da će se kamen sam od sebe podići sa zemlje ili da će rijeka poteći uzbrdo (jer bi se u oba slučaja povećala potencijama energija sustava). Po formuli $E = \sigma S$ (pri čemu E - energija tvari; σ - koeficijent površinske napetosti, a S - površina) možemo izračunati da npr. tri zasebne kapi žive imaju veću energiju površine od jedne veće kapi. Spajanjem tih triju kapi, smanjuje se energija sustava, što se slaže s prirodnim zakonima. Za suprotan proces, tj. za razbijanje kapi žive, potrebno je uložiti energiju, tako da se to neće dogoditi spontano samo od sebe.

Dakle, kao što vidimo, površinska napetost je pojava koja prati sve tekućine (ali i krute tvari - čak je i mnogo veća nego kod tekućina, pogotovo kod ionskih kristala) i dovodi do mnogih neobičnih pojava. Položimo li britvicu, iglu ili čak novčić na površinu vode, možemo uočiti da neće potonuti, naročito ako smo ga prije toga namastili (nepolarna tvar!). Osobno sam čak uspio postići da srebrni novčić pliva ($\rho_{Ag} = 10,49 \text{ g/cm}^3$). Uz pojam površinske napetosti usko je vezan i pojam močenja (kvašenja) - što je manja površinska napetost, močenje će biti veće. Kapnemo li na neku podlogu (metal ili staklo) kap žive i kap alkohola, živa će oblikovati kap (ili čak kuglu, ako je količina mala), dok će se alkohol razliti.

Dodao bih još neke podatke: Koeficijent p. n. nekih tekućina kad je iznad površine zrak:

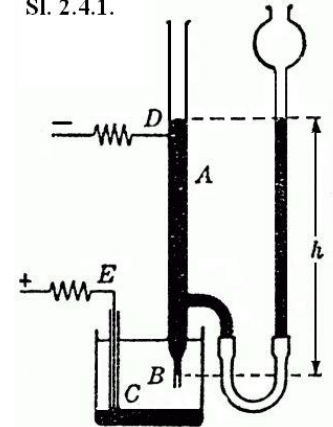
Tekućina	H ₂ O (20 °C)	H ₂ O (100°C)	Živa (20 °C)	Alkohol (20 °C)	Petrolej (20 °C)
σ/Nm^{-1}	0,073	0,06	0,48	0,022	0,03

2.4. Elektrokapilarnost

Trebalo bi napomenuti da pojam "elektrokapilarnost" zapravo ne postoji, već se tim nazivom označava niz površinskih pojava uvjetovanih promjenom naboja i površinskog napona.

Naboj i površinska napetost - Dugo je bilo poznato da na svojstva žive djeluje naboj. Prvo opsežnije ispitivanje na tom području vršio je G. Lippmann. Njegov se uređaj (vidi sliku 2.4. 1.) sastoji od duge cijevi (A) u kojoj se nalazi živa. Cijev je na donjem kraju izvučena u kapilaru (B) koja je uronjena u vodenu otopinu elektrolita. Kao rezultat međupovršinske napetosti između otopine i žive, u kapilari se pojavljuje površina koja razdvaja otopinu i živu. Razlika u visini (h) između gornje i donje površine žive je mjerilo međupovršinske napetosti. Spajanjem žive u cijevi (A) s jednim, a sloja žive u otopini (C) s drugim polom baterije (članka) može se upotrijebiti određeni potencijal i mjeriti promjena međupovršinske napetosti tako da izmjerimo promjenu visine živinog stupca koji je potreban da površinu u kapilari vrati u početni položaj. Početni potencijal žive u odnosu na otopinu je u početku pozitivan, ali postaje postupno negativniji zbog potencijala članka; vidimo da p. napetost prvo raste, dostiže vrhunac, a zatim pada. Krivulja koja prikazuje mijenjanje p. napetosti sa primijenjenim potencijalom zove se elektrokapilarna krivulja (vidi sliku 2.4.2.).

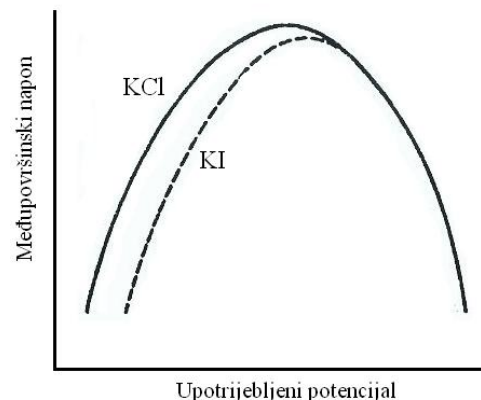
Sl. 2.4.1.



Uređaj za proučavanje elektrokapilarnosti (Lippmann)

Općeniti oblik krivulje ne ovisi o elektrolitu, što se može objasniti time što na međupovršini između žive i vode postoji dvosloj, sa živom koja je pozitivno nabijena. To se može dogoditi zbog adsorpcije u elektrolitu prisutnih iona ili nastojanja žive da u otopinu šalje elektrone. Naboji na stranama dvosloja nastoje da se međusobno odgurnu tako da je rad, koji je potreban da se površina poveća, relativno mali. Ako naboj žive primjenom potencijala članka postane negativan, potencijal dvosloja se smanjuje, što biva popraćeno povećanjem p. napetosti. Kada je potencijal dvosloja potpuno poništen, međupovršinska je napetost maksimalna, pošto daljnje povećanje primijenjenog napona dovodi do stvaranja dvosloja suprotnog naboja u odnosu na početni. Teoriju elektrokapilarne krivulje s termodinamičkog gledišta objasnili su Lippmann, Gibbs i drugi, pa je pokazano da mijenjanje p. napetosti sa promjenom primijenjenog potencijala članka, tj. $\partial\gamma/\partial E$, pri stalnoj temperaturi, tlaku i koncentraciji, treba biti ravna gustoći naboja na međupovršini, jer je $\partial\gamma/\partial E$ na maksimumu krivulje nula, iz čega slijedi da tada dvosloj nema naboja.

Sl. 2.4.2. Elektrokapilarne krivulje



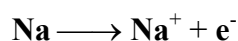
Utjecaj dodanih iona. - Makar je opći oblik EK - krivulje uvijek isti, prisutnost različitih tvari u elektrolitu dovodi do nekih promjena. Tako se, npr. kod nekih kalijevih soli. lijevi (uzlazni) krak krivulje može mijenjati, ali desni (silazni) krak ostaje isti (vidi sliku 2.4.2.). To je naročito izraženo kod nekih aniona, kao jodida i sulfida. Maksimalna površinska napetost se smanjuje, a da se ona postigne potreban

je negativniji potencijal. Dokle je god živa pozitivno nabijena, privlači anione u pravcu međupovršine. Što se ti anioni lakše adsorbiraju, to će se više smanjivati međupovršinski napon. Istovremeno, nagomilavanje naboja na negativnoj strani dvosloja znači da živu treba izložiti većem negativnom naboju, radi uništavanja njegovog naboja i postizanja maksimuma krivulje. Čim se pređe maksimum krivulje, živa postaje negativno nabijena, pa se sada anioni više ne adsorbiraju, već se odbijaju. Zbog toga je silazni dio krivulje nezavisan od vrste aniona u otopini.

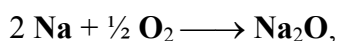
Kao što se iz gornjih tvrdnji može zaključiti, čvrsto adsorbirani kationi nemaju utjecaja na lijevi, ali imaju na desni krak krivulje. Takve tvari smanjuju maksimalnu međupovršinsku napetost zato jer to moraju učiniti ako se adsorbiraju i pomiču potrebni potencijal u pozitivno područje. Neionski spojevi koji se čvrsto adsorbiraju prilično utječu na obje grane EK - krivulje, ali snižavaju i maksimum

2.5. Redoks reakcije

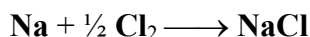
Ime redoks reakcija potječe od skraćenih oblika dvaju kemijskih pojmova, od dvije vrste kemijskih reakcija: oksidacije (grčki: oksys - kiseo) i redukcije (latinski: reducere - dovesti natrag). Pojam oksidacije uveo je A. Lavoisier kao oznaku za reakcije sa kisikom pri kojima nastaju kiseline. Još i prije Lavoisiera su se neki kemičari bavili takvim i sličnim reakcijama, a da nisu točno znali što se zapravo događa. Naime, oni su vjerovali da tvari kada gore otpuštaju neku tvar koja se zove *flogiston*. No do otkrića elektrona, *flogiston* je ostao samo jedan apstraktni, više filozofski pojam i problem. Tek se tada moglo vidjeti da su ondašnji kemičari bili djelomično u pravu. Nove spoznaje su otkrile da se pojam *flogiston* zapravo može, uz određena ograničenja, zamijeniti rječju **elektron**. Ta je spoznaja automatski proširila i sam pojam oksidacije - to više nije samo reakcija s kisikom, već općenito otpuštanje elektrona. Na primjer, reakcija



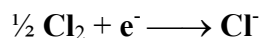
je isto oksidacija i kada se radi o reakciji



ali i kada se radi o reakciji

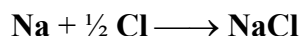
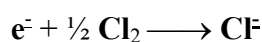
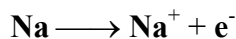


No uz oksidaciju natrija događa se još jedna reakcija - redukcija. Promatrajući reakciju redukcije

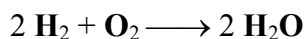


možemo izvesti zaključak daje redukcija primanje elektrona.

Dakle, sumarno gledano:



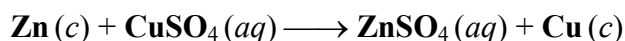
uočavamo da se oksidacijom jednog člana automatski drugi reducira, tj. da su te reakcije povezane. Također je uveden pojam oksidacijskog broja - po nizu pravila elektronegativnosti nekom atomu proizvoljno pripisan broj. To je, zapravo naboj koji bi atom imao, ako bi se veza hidrolitički pokidala, a pod uvjetom da elektron pripadne elektronegativnijem atomu. To nam može pomoći u onim slučajevima kada se ne može uočiti prijelaz elektrona, kao što je u reakciji



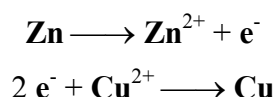
2.6. Galvanski članci

Usko je uz pojam redoks reakcija vezan i pojam galvanskog članka. Ime je dobio po Luigiju Galvaniju (1737 - 1798), talijanskom fizičaru i liječniku koji je otkrio galvanski elektricitet. Galvanski članak radi upravo na principu redukcije i oksidacije.

Uzmimo za primjer redoks reakciju cinka sa vodenom otopinom bakarnog (II)-sulfata:

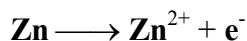


Kao što vidimo iz jednadžbe, cink se oksidira u Zn^{2+} - ione, odnosno, cink reducira Cu^{2+} - ione na elementarni bakar. Pri tome dolazi do prijenosa elektrona



koji se na žalost ne može iskoristiti u ovoj reakciji. No, iskoristiti se ipak mogu, a to je uspjelo Johnu Daniellu (1790.-1845.), engleskom kemičaru, fizičaru i meteorologu. On je konstruirao posebnu vrstu galvanskog članka u kojem se izmijenjeni elektroni mogu iskoristiti kao upotrebljiva električna energija. Struktura takvog članka je vrlo jednostavna: dvije čaše, otopine CuSO_4 i ZnSO_4 cinčani i bakreni štapić i U - cijev s navlaženim KCl.

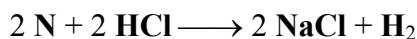
U jednoj se čaši nalazi cinčani štapić uronjen u otopinu ZnSO_4 (Zn^{2+} - ioni) a u drugoj bakreni štapić uronjen u otopinu CuSO_4 (Cu^{2+} - ioni). Te su dvije otopine povezane obrnutom U - cijevi koja je ispunjena navlaženim elektrolitom (slani most, elektrolitski ključ). Tako ne dolazi do miješanja Zn^{2+} - iona i Cu^{2+} - iona. U takvim uvjetima metalni štapići postaju elektrode, i to: Zn - štapić postaje anoda, s negativnim (-) nabojem. Na njemu dolazi do oksidacije cinka u Zn^{2+} - ione:



Cu - štapić postaje katoda, s pozitivnim nabojem (+). Na njemu dolazi do redukcije Cu^{2+} - iona na bakar. Pri tome je napon između elektroda (Zn - štapić, Cu - štapić) 1,1 V (volt). To znači da je potencijal članka $\varepsilon = 1,1$ V. To se jednostavnije može izraziti dijagramom članka:



ε^0 - (standardni potencijal članka) znači da smo upotrijebili 1 molarne otopine. Tako smo došli do nove veličine koja se zove **elektrodni potencijal**, a razlikuje se za svaki metal. Kao standard uzet je potencijal vodika (SHE – standardna vodikova elektroda) koji iznosi $\varepsilon = 0,76$ V. Naime, svi metali koji imaju manji elektrodni potencijal od vodika istiskuju vodik u reakcijama s kiselinama (npr. alkalijski metali, zemnoalkalijski metali, cink...)



Zato se takvi metali ne mogu izlučiti elektrolizom, jer umjesto metala nastaje vodik. Ako je potencijal nekog metala veći od 0,76 V, otapati će se taj metal samo u oksidirajućim kiselinama (npr. Cu, Fe, Hg, Ag...), a moći će se izlučiti elektrolizom iz otopine.

3. EKSPERIMENT

Kaplju žive na dnu satnog stakalca prelijemo žutom tekućinom i dodirujemo željeznom žicom. Kaplja žive počinje tada mijenjati oblik, ritmički pulsirajući u obliku trokutastih srcolikih oblika.

3.1. MATERIJAL ZA EKSPERIMENT

1. 2mL žive
2. 10 mL 6molarne otopine sumporne kiseline (da bi se priredilo 100 mL otopine, potrebno je polagano dolijevati 33mL koncentrirane (18molarne) H_2SO_4 u 50 mL destilirane vode, te dobivenu otopinu razrijediti do 100 mL)
3. 1 mL 0,2molarne otopine kalijevog kromata K_2CrO_4 (da bi se priredilo 100 mL otopine, potrebno je u 60 mL destilirane vode otopiti 3,8 g kristala K_2CrO_4 te dobivenu otopinu razrijediti do 100 mL)
4. 10 mL koncentrirane H_2SO_4 u bočici s kapaljkom
5. satno stakalce promjera 125 mm
6. željezna žica duga 20-ak cm
7. uteg od 50 ili 100 g ili neki drugi držač za žicu

3.2 POSTUPAK

U satno staklo nalije se dovoljno žive da nastane kaplja promjera oko 2 cm. Dodaje se dovoljno 6molarne H_2SO_4 da prekrije živu. Zatim se doda 1mL 0,2molarne otopine K_2CrO_4 . Na površini žive će se stvoriti sloj, a kaplja će se polako razići.

Omota se željezna žica oko vrata utega, ostavljajući otprilike 10 cm žice slobodno. Namjesti se uteg blizu stakalca, a žica se namjesti tako da njezin vrh dodiruje rub kaplje. Prilagodi se razmak između vrha žice i kaplje tako da živa počne pulsirati. Dodaje se kapaljkom 18molamu H_2SO_4 povrh žive toliko dugo dok pulsiranje ne dosegne vrhunac.

Po potrebi se prilagođava razmak između žive i žice da bi se održalo ritmičko pulsiranje. U idealnim uvjetima pulsiranje može potrajati i više od 1 h.

3.3 OPASNOSTI !

Sumporna je kiselina jaka kiselina i jako dehidrirajuća tvar, tako da se s njom mora postupati vrlo oprezno. Prosute bi se kapljice trebale neutralizirati odgovarajućim sredstvom (npr. natrijevim bikarbonatom $NaHCO_3$) i obrisati.

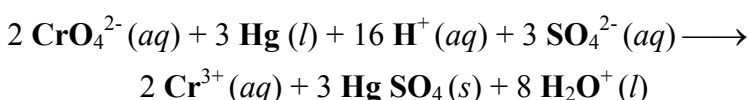
Kalijev kromat nagriza kožu i sluzokožu. Za kromate se smatra da su **kancerogeni**. Živa je **izrazito otrovna**. Apsorbira se preko kože ili sluzokože (udisanjem). Trajna izloženost živinim parama može imati za posljedicu teške živčane smetnje, nesanicu i depresiju. Trajni kontakt s kožom može dovesti do oštećenja bubrega. Živa bi se smjela koristiti samo u dobro zračenim prostorijama. Prolivene kapi žive trebaju se odmah ukloniti pomoću kapilare i sisaljke. Manje količine žive na nedostupnim mjestima trebaju se posuti cinkovim prahom da se stvori bezopasni cinkov amalgam. Živa se treba oprati destiliranom vodom, osušiti i pohraniti u dobro zatvorenoj posudi.

Kalijev kromat tretiramo natrijevim bisulfitom ($NaHSO_3$) dok otopina ne pozeleni. Tada dodajemo natrijev sulfid ($Na_2S \cdot 9H_2O$) toliko dugo dok nastaje talog. Filtrirati kromov (III) sulfid i baciti u otpad za teške metale.

4. RASPRAVA

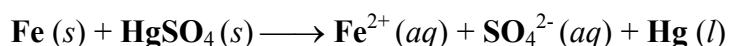
Ovaj nam pokus pokazuje jedinstvena svojstva žive kao tekućeg metala. Zato što je živa metal, ima jedno svojstvo koje nazivamo **površinska napetost**. To je sila koja kod tekućina oblikuje kapi. Kad je površinska napetost velika, tekućina tvori gotovo savršene kugle. Kad je površinska napetost mala, kaplje su više spljoštene. Površinska napetost žive mijenja se s električnim nabojem na površini kapi (**elektrokapilarnost !**). Ako je naboj pozitivan, površinska napetost je mala, pa je kap spljoštena. Kada je naboj negativan, površinska napetost je velika, a kap ima oblik kugle. Ta se pojava naziva efekt elektrokapilarnosti.

Ako reagira s oksidirajućim tvarima, živa može biti *reducens*. Upravo se to događa kada živa reagira s kromat-ionima u kiseloj otopini. Kromat-ioni oksidiraju živu u živa (II) ione. Sa sulfatnom kiselinom (korištenom u pokusu) ti ioni tvore netopljivi živin (II) sulfat na površini kapi (**redoksi !**).



U tom procesu prenose se elektroni (negativni naboji) s kapi žive u otopinu. Pri tome kap ostaje pozitivno nabijena, te se površinska napetost smanjuje, a kap se širi. To se opaža kada se otopina kalijevog kromata prelije preko kapi žive u sulfatnoj kiselini (**elektrokapilarnost - utjecaj dodanih iona !**).

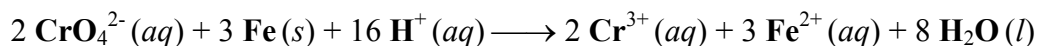
Kada željezna žica dodirne pozitivno nabijenu površinu kapi žive, dolazi do izmjene elektrona sa žice na kaplju (**galvanski članci !**). Željezo je reaktivnije od žive, pa tako reagira sa živinim sulfatom, reducirajući ga na živu.



Izmjena elektrona mijenja naboj kaplje (u negativan naboj), te se kaplja steže poprimajući oblik kugle. Stežući se, kaplja prekida kontakt sa žicom. Pri tome se ponovno na kaplji stvara sloj živinog sulfata, te kaplja postaje pozitivno nabijena. Kaplja se ponovno širi, uspostavlja se kontakt sa željeznom žicom, i proces počinje ponovo.

Čitav se proces „**živinog srca**“ može promatrati kao **oksidacija katalizirana živom** željeza u željezni sulfat. U prvom koraku se metalna živa oksidira u živin sulfat. U drugom se koraku živin sulfat reducira željezom natrag u živu, tvoreći željezni sulfat.

Slijedi sumama jednadžba:



Boja otopine kromata blijedi mnogo brže kada živino srce "tuče", nego kada se živa i željezo ne dodiruju. Dio energije oslobođene tom reakcijom pokreće živino srce.

5. FOTOGRAFIJE

