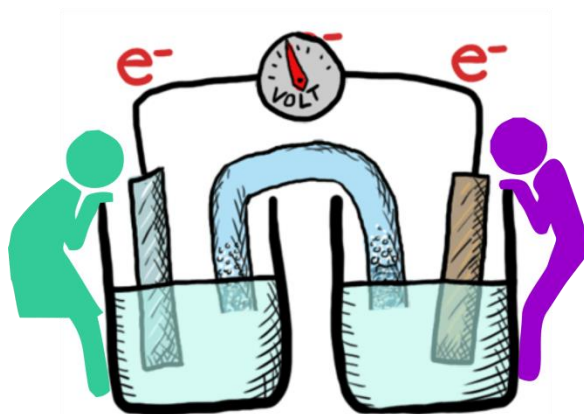




Zavirite u elektrohemijsku ćeliju!



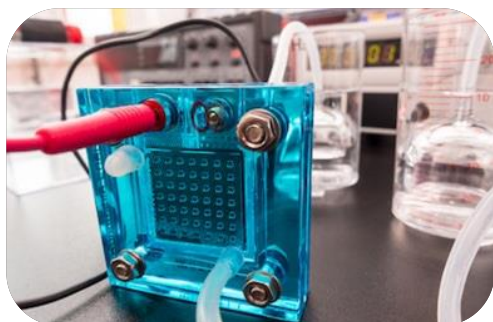
Zavirite u elektrohemijsku ćeliju je projekat promocije smera Elektrohemijsko inženjerstvo Tehnološko-metalurškog fakulteta, podržan od strane **Centra za promociju nauke**. Namenjen je učenicima srednjih škola i početnih godina fakulteta prirodnih nauka, a za cilj ima da učesnike kroz eksperimentalne radionice u laboratorijama Katedre za Fizičku hemiju i elektrohemiju TMF-a upozna sa elektrohemijom i njenom primenom u svakodnevnom životu.



Jesenji ciklus radionica 2019:

PROVOZAJTE SE UZ ELEKTROHEMIJU!

Kako da proizvedemo energiju na ekološki način?

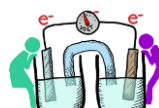


KAKO DA (NE) KORODIRAM?

Kako možemo da pratimo i sprečimo korozijupomoću elektrohemije?



Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF



RADIONICA: Provozajte se uz elektrohemiju!

Industrijalizacija i razvoj tehnologije doveli su do razvoja ljudskog društva i značajnog poboljšanja kvaliteta života, međutim, pored brojnih koristi za čovečanstvo, prouzrokovane su i velike posledice po životnu sredinu. Moderno društvo iziskuje veliku potrošnju energije, što je dovelo do nagle ekspanzije u eksploataciji fosilnih goriva. Derivati nafte, uglja i prirodnog gasa su ograničeni prirodni resursi, čija je prekomerna potrošnja dovela do značajnog smanjenja rezervi i svetske energetske krize kao posledice. Ako bi se korišćenje neobnovljivih izvora energije nastavilo ovakvim, ili bržim tempom, zalihe energenata bi u narednih nekoliko decenija bile nedovoljne da obezbede život 7,5 milijardi ljudi na Zemlji.

Pored ograničenosti resursa, drugi problem po životnu sredinu je i zagađenje izazvano njihovim korišćenjem (Slika 1), koje se odražava na sve ekosisteme, i posebno efekat staklene bašte prouzrokovan ispuštanjem produkata sagorevanja fosilnih goriva u atmosferu, koji dovodi do zagrevanja Zemlje, menjajući njenu mikro i makro klimu.



Slika 1. Ilustracija lošeg uticaja fosilnih goriva na životnu sredinu

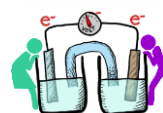
Međutim, razvoj tehnologije doveo je i do mogućnosti upotrebe alternativnih izvora energije kao zamene za fosilna goriva. Ovi izvori energije obezbeđuju i čistiju proizvodnju električne energije koja će smanjiti štetne posledice po životnu sredinu.

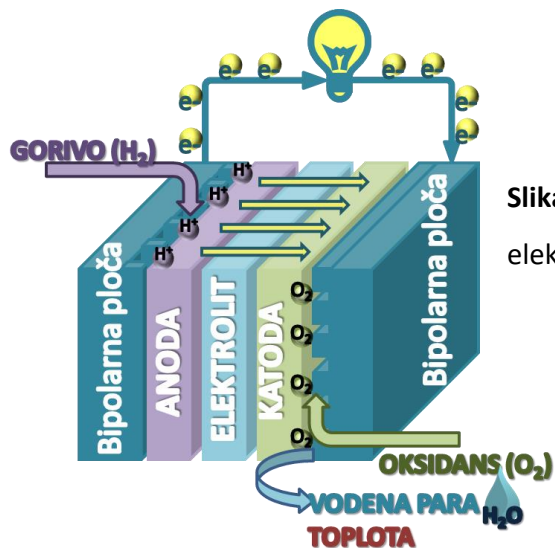
Elektrohemijski izvori konvertuju hemijsku energiju u električnu, i mogu se podeliti na primarne i sekundarne, zavisno od toga da li mogu da se pune.

Jedan od ekoloških načina proizvodnje energije od velikog značaja za budućnost je upotreba gorivnih galvanskih spregova za konverziju hemijske energije u električnu. Zavisno od njihove vrste, radne temperature i vrste goriva, u svim sferama života imaju jako široku primenu, od prenosnih uređaja male snage do sistema koji napajaju cela naselja. Ovakav širok opseg primene daje velike mogućnosti za smanjenje upotrebe fosilnih goriva kao izvora energije.

Ekološki najpovoljnije gorivo za gorivni spreg je vodonik, jer se oksidacijom vodonika na anodi i redukcijom kiseonika na katodi, uz proizvodnju električne energije kao jedini proizvod reakcije dobija voda (Slika 2).

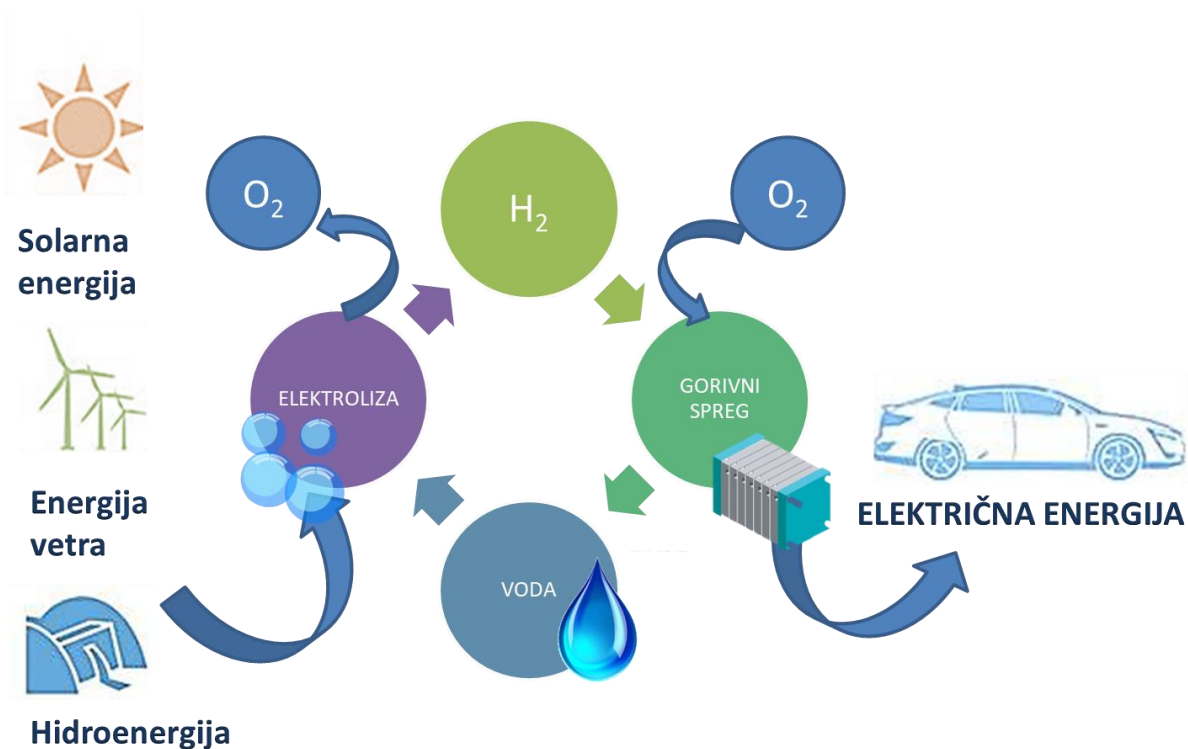
Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF





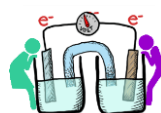
Slika 2. Shema vodoničnog gorivnog sprega i elektrohemijskih procesa koji se u njemu odigravaju

Izuzetno čist vodonik se može proizvesti elektrolizom vode, za koju je potrebno uložiti električnu energiju. Međutim, ukoliko se ova energija obezbedi iz obnovljivih izvora, poput solarnih ćelija, biomase ili vetrogeneratora, ceo postupak je ekološki održiv (Slika 3).



Slika 3. Ciklus održive proizvodnje vodonične energije

U elektrohemijskim sistemima najvažnije je obezbediti dobru provodnost elektrolita kako bi pad napona tokom rada ovih uređaja bio što manji, i njihova efikasnost maksimalna.

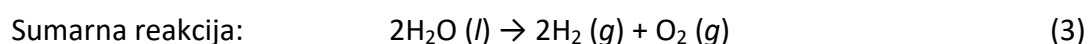
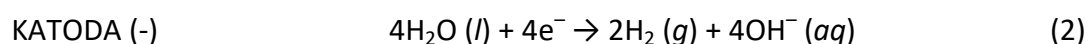
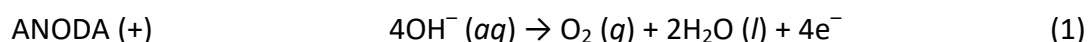
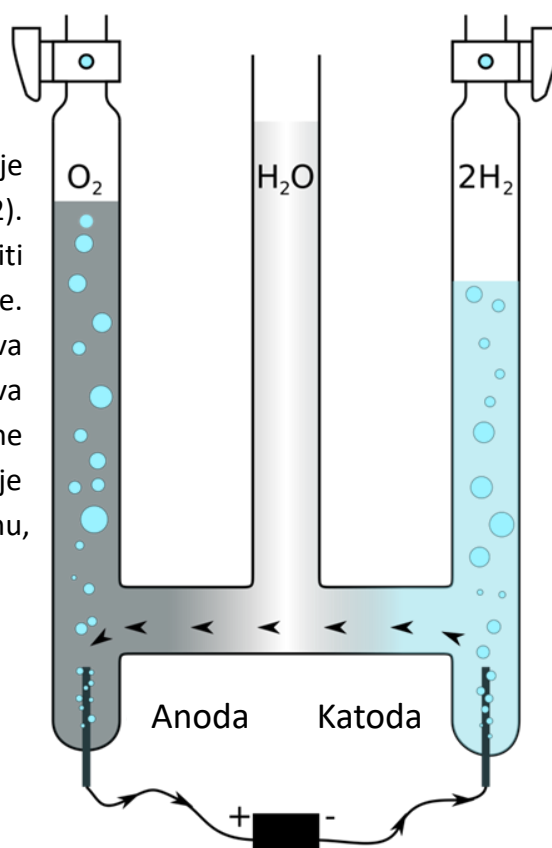


Eksperiment 1

Dobijanje vodonika elektrolizom vode

Prilikom elektrolize vode, u alkalnoj sredini, na anodi se odigrava reakcija izdvajanja kiseonika, dok se na katodi odvija redukcija i izdvajanje vodonika, što se može prikazati jednačinama (1) i (2). Hofmanov aparat je uređaj kojim se mogu izmeriti zapremine izdvojenog gasa prilikom elektrolize vode. Izdvojena zapremina vodonika bi trebalo da bude dva puta veća, zbog stehiometrijskog odnosa ova dva gasa, prema sumarnoj reakciji (3). Izdvojene zapremine gasa se mogu iskoristiti za izračunavanje Faradejeve konstante, F , prema Faradejevom zakonu, koja teorijski iznosi 96485 C / mol .

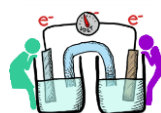
Slika 4. Shema Hofmanovog aparata za elektrolizu vode



Potrebne hemikalije i materijal:

- Hofmanov aparat u obliku 2 spojene staklene birete sa obrnutom graduacijom
- 2 platinske elektrode
- rastvor 10% NaCl ili 10% Na₂SO₄
- potenciostat / izvor struje
- digitalni multimer
- indikator brom-krezol zeleno ili brom-timol plavo

Zavirite u elektrohemijску ćeliju, TMF

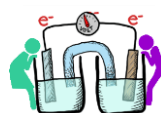


Postupak:



Napunite Hofmanov aparat (do slavina na obe birete) pripremljenim rastvorom NaCl koji sadrži nekoliko kapi indikatora. Vodite računa da ne dođe do zadržavanja mehurova vazduha u biretama. Povezati elektrode i izvor struje, i utvrditi koja je elektroda anoda, a koja katoda (katoda na kojoj će se odigravati reakcija redukcije (2) se vezuje na negativan pol izvora, dok se anoda na kojoj će se odigravati reakcija oksidacije (1) vezuje za pozitivan pol izvora). Digitalni multimer vezati redno sa negativnim polom izvora kako bismo kontrolisali jačinu struje (opciono). Zatim treba uključiti izvor struje tako da bude primenjena jačina od 100 mA, napon će biti oko 10V, a istovremeno uključiti hronometar. Primetiti kako dolazi do promene boje žutog rastvora u bireti u kojoj se izdvaja vodonik (katodna reakcija). Usled povećanja baznosti sredine, odnosno povećanja pH u ovoj bireti, rastvor se boji u **plavo**, kao reakcija indikatora na promenu pH (Slika 5). Elektrolizu bi trebalo izvoditi oko 10 min, a zatim isključiti izvor struje i očitati zapremine izdvojenog vodonika i kiseonika u biretama. Uporediti i prokomentarisati dobijene rezultate.

Slika 5. Promena boje rastvora usled odgovora indikatora na povećanje baznosti sredine u bireti u kojoj se izdvaja vodonik.



Ekspiriment 2

Provodljivost elektrolita

Električna provodljivost elektrolita je mera sposobnosti elektrolita da obezbedi protok električne struje (Slika 6). Vrednost električne provodljivosti rastvora elektrolita zavisi od tipa elektrolita, koncentracije elektrolita i temperature.

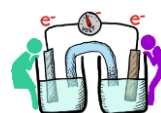
Elektroliti se tipično dele na dva tipa prema stepenu disocijacije u rastvoru: **jake elektrolite** i **slabe elektrolite**. Pod disocijacijom se podrazumeva reverzibilno razlaganje molekula na jone u prisustvu molekula rastvarača. **Jaki elektroliti** u rastvoru približno potpuno disosuju u jone. U razblaženim rastvorima električna provodljivost rastvora je direktno proporcionalna koncentraciji elektrolita. Međutim, pri velikim koncentracijama elektrolita, električna provodljivost dostiže plato koji je definisan graničnim provodljivostima za odgovarajuće jone. **Slabi elektroliti** nikad ne disosuju u potpunosti u jone. Stepem disocijacije ovih elektrolita raste sa razblaženjem rastvora, pa je zavisnost njihove električne provodljivosti od koncentracije nelinearna.



Slika 6. Ilustracija provodljivosti neelektrolita (levo), slabog elektrolita (sredina) i jakog elektrolita (desno)

Potrebni materijal:

- 5 laboratorijskih čaša zapremine 200 ml
- 2 grafitne elektrode
- Rastvori neelektrolita i elektrolita (destilovana voda, šećer, kuhinjska so i dva napitka za sportiste koji bi trebalo da sadrže elektrolite)
- potenciozat / izvor struje
- digitalni konduktometar
- led lampice (crvena zelena i plava)

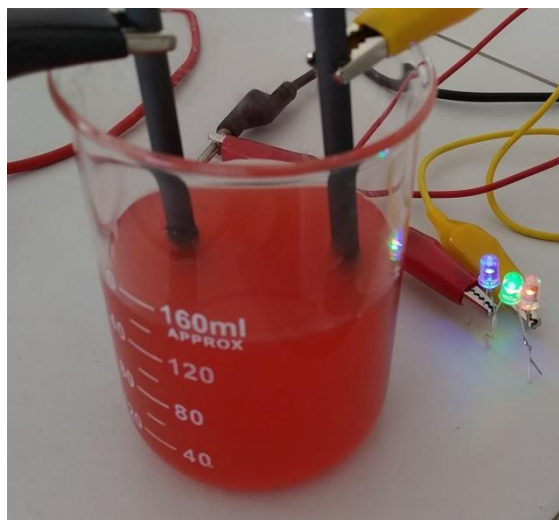


Postupak:

Napraviti rastvore potrebne za ispitivanje provodljivosti i obeležiti laboratorijske čaše prema broju rastvora:

1. destilovana voda
2. rastvor šećera
3. rastvor kuhinjske soli
4. plavi sportski napitak
5. crveni sportski napitak

U prvu čašu uroniti dve grafitne elektrode, i vezati ih na izvor struje (Slika 7). Vezati redno 3 led lampice različitih boja izmedju jednog pola izvora i odgovarajuće elektrode. Vodeći računa da se elektrode ne dodiruju postepeno pojačavati napon na izvoru i registrovati da li dolazi do paljenja lampica i u kom intenzitetu.



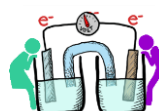
Slika 7. Ispitivanje provodljivosti rastvora pomoću grafitnih elektroda, led lampica i izvora struje



Slika 8. Konduktometar

Nakon toga, sondu konduktometra (slika 8) uroniti u rastvor i izmeriti njegovu provodljivost. Dobijenu vrednost u μS upisati u datu tabelu. Postupak ponoviti za preostala 4 pripremljena uzorka i na osnovu vrednosti ispunjenih u tabeli zaključiti kakva je njihova provodljivost.

UZORAK	Intenzitet rada led lampica (1-5)	Provodljivost, μS
Dejonizovana voda		
Rastvor šećera		
Rastvor kuhinjske soli		
Plavi sportski napitak		
Crveni sportski napitak		



RADIONICA: Kako da (ne) korodiram?

Korozija predstavlja razaranje materijala pod dejstvom spoljašnje sredine. Svi materijali se razlažu tokom vremena, ali različitim brzinama, uglavnom se najlakše rastvaraju metali, pa se pojam korozije danas uglavnom posmatra kao razaranje metala. Naziv potiče od latinske reči *corrodere*, što znači nagrizati.

Sušтина korozije metala se sastoji u prelazu metala u stabilnije stanje/produkte, kao što su oksidi, hidroksidi, soli, itd. Naime, metali se u prirodi nalaze u oksidovanom stanju,

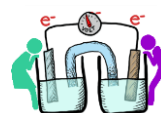


uglavnom u obliku minerala oksida ili sulfida. Da bi se iz minerala dobio metal potrebno je utrošiti određenu energiju, i kao posledica toga, kada se neki metal ostavi da stoji bez posebne zaštite on će težiti da se vrati u svoje prirodno stanje, odnosno u oblik oksida ili sulfida. Tada se kaže da metal korodira (Slika 1). Kada se posmatra neki metal, on obično deluje neuništivo, međutim, nijedan metal osim zlata nije hemijski stabilan.

Slika 1. Ilustracija korozije metala

Smatra se da stanovnici industrijski razvijenih zemalja žive u društvima baziranim na metalima, zato što se metali danas veoma mnogo koriste u raznim granama privrede i industrije: u izgradnji stambenih zgrada, mostova, prevoznih sredstava (automobila, vozova, autobusa, aviona, brodova), cevovoda, ograda, rezervoara, konzervi za hranu i pića, kompjuterskih diskova, žica i konektora, u ljudskom organizmu kod veštačkih kukova, kolena, zuba, šrafova, nakit se izrađuje takođe od metala, spomenici, novčići, alatke,

Gubici usled korozije materijala danas dostižu neslućene razmere. Gvožđe/čelik je metal koji je danas najrasprostranjeniji konstrukcioni materijal i količina gvožđa i čelika koja godišnje podleže koroziji iznosi jednu četvrtinu ili jednu trećinu od ukupne godišnje proizvodnje. Ekonomski aspekt gubitaka usled korozije je ogroman. Još 1937 g. preduzeće Šel (Shell) je svojim napisom na izložbi u Briselu: „**Dok ovo čitate 760 kg gvožđa je iskorodiralo**”, pokušalo da jednim brojem prikaže materijalne gubitke u čeliku koji su nastali usled korozije. U to isto vreme je pokazano da svake godine u Londonu padne oko 750 000 t kisele kiše (od sumporne kiseline) koja nastaje pri sagorevanju uglja: ova količina sumporne kiseline može da rastvori više od 400 000 t gvožđa. U SAD su gubici u 2016 g. procenjeni na više stotina milijardi dolara. Korozija se javlja svuda i zato je ona veoma opasan, kao i skup, fenomen, i jedna je od najštetnijih prirodnih pojava koje se danas dešavaju. Danas se smatra da 3-5% bruto nacionalnog dohotka zemlje odlazi na saniranje štete prouzrokovane korozijom ili na preventivne mere da do nje ne dođe. Pored velike materijalne štete korozija može da prouzrokuje i velike gubitke u ljudskim životima. Usled korozije se ruše mostovi i



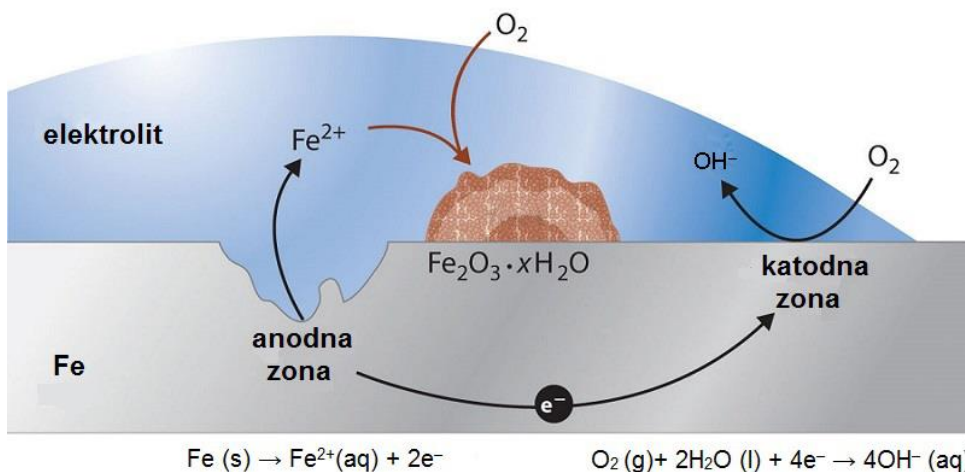
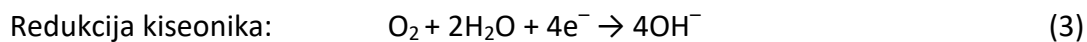
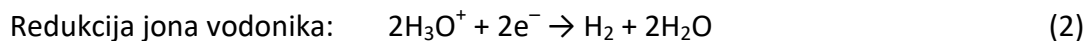
zgrade, pucaju cevi, cure rezervoari sa hemikalijama, kao i cevi u našim kupatilima. Korodirani električni kontakti mogu da budu uzrok požara, korodirani metalni implantati u ljudskom organizmu dovode do trovanja krvi, zagađenje okoline je prouzrokovalo oštećenja usled korozije velikog broja umetničkih dela širom sveta. Korozija predstavlja opasnost i za bezbedno odlaganje radioaktivnog otpada, koji mora da se skladišti tokom desetina hiljada godina.

Korozioni procesi metala se dele na **hemijske i elektrohemijske**. Hemijska korozija se dešava u prisustvu gasova na visokim temperaturama, ali i na sobnim temperaturama u odsustvu vlage.

Elektrohemijska korozija se odigrava kada se metal nađe u kontaktu sa rastvorom koji provodi električnu struju, odnosno sa elektrolitom. Površina metala nikada nije potpuno homogena, na njoj uvek postoje mesta koja sadrže neke primese ili mesta koja su mehanički napregnuta, npr. savijanjem. Neka od takvih mesta imaju veću težnju ka rastvaranju, a neka su pogodnija za reakcije jona vodonika ili rastvorenog kiseonika koji se nalaze u elektrolitu koji kvasi metal (Slika 2). Mesta koja se rastvaraju, odnosno na kojima dolazi do oksidacije metala, npr. u slučaju gvožđa:

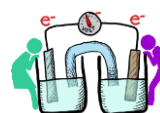


imaju negativniji elektrodni potencijal i ona predstavljaju anodne zone. Katodne zone su površine sa pozitivnijim elektrodnim potencijalom i na njima se odigravaju reakcije redukcije:



Slika 2.
Elektrohemijska korozija gvožđa

Površina metala na kojoj postoje anodne i katodne zone se može shvatiti kao skup povezanih galvanskih spregova ili mikrogalvanskih spregova. Drugim rečima, uzrok elektrohemijske korozije je postojanje mikrogalvanskih spregova na površini metala.



Eksperiment 1

Demonstracija elektrohemijske korozije gvožđa: uticaj mehaničkog napreznja i kontakta sa drugim metalom

Elektrohemijska korozija se odigrava u elektrolitima, koji su električni provodnici druge vrste. Uzrok elektrohemijske korozije je postojanje mikrogalvanskih spregova na površini metala, pri čemu se neki delovi površine ponašaju kao anoda, na kojoj se odigrava oksidacija, tj. korozija metala, dok se drugi delovi ponašaju kao katoda. Uzroci pojave mikrogalvanskih spregova mogu biti:

- nehomogenost metala usled prisustva primesa;
- nehomogenost sastava elektrolita;
- različiti fizički uslovi (temperatura, pritisak, spoljašnje električno kolo).

Delovi metalne površine imaju negativan potencijal i ponašaju se kao anodne zone na kojima se odigrava oksidacija, dok se drugi delovi ponašaju kao katodne zone na kojima se odigrava redukcija. Zbog toga se elektrodni potencijal, koji se uspostavlja u ovim uslovima kao posledica istovremenog odigravanja više elektrohemijskih reakcija, naziva *mešoviti* ili *korozioni potencijal*. Postojanje mikrogalvanskog sprega kod čelika se može dokazati **feroksil indikatorom**, koji predstavlja rastvor $K_3[Fe(CN)_6]$ i fenolftaleina. Feroksil indikator se boji u crveno u oblasti katodnih zona, a u plavo u oblasti anodnih.

U anodnim zonama dolazi do rastvaranja metala:



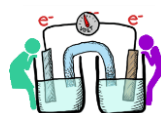
dok se u katodnim zonama, ukoliko je elektrolit neutralan, redukuje kiseonik:



Katjoni gvožđa u anodnim zonama reaguju sa feroksil indikatorom dajući plavo obojenje, dok u katodnim zonama, usled odigravanja reakcije (5), lokalna sredina postaje alkalna, pa fenolftalein daje crveno obojenje.

Ako se gvožđe dovede u kontakt sa elektronegativnijim metalom, kao što je cink, gvožđe će se ponašati kao katoda a cink kao anoda, pa će u ovom slučaju korodirati cink, dok će gvožđe biti "zaštićeno" od korozije. Ovakva zaštita se naziva **protektorska zaštita**. U slučaju protektorske zaštite, formira se galvanski spreg u kojem protiče struja zbog različitih elektrohemijskih potencijala metala. Elektropozitivniji metal je katoda u galvanskom spregu i zaštićen je od korozije, a negativniji metal predstavlja žrtvujuću anodu. Pri izboru materijala žrtvujuće anode treba imati u vidu **elektrohemijski niz metala** u određenoj korozionoj sredini – elektronegativniji metali su sposobni da štite elektropozitivnije metale, jer oni prvi podležu koroziji. Metal koji predstavlja **žrtvujuću anodu** podleže anodnom rastvaranju prema reakciji (4). Elektroni koji nastaju u ovoj reakciji, prenose se kroz metalni provodnik do katodnih mesta na kojima se odigrava reakcija redukcije, tj. metal biva katodno zaštićen.

Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF



Elektrohemijski niz, ili **Voltin niz** (nazvan po Alesandru Volti koji ga je prvi sastavio) predstavlja niz metala poređanih po rastućoj vrednosti *standardnog elektrodnog potencijala*. Elektrohemijski niz metala je: **K, Na, Ca, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au**, što znači da u ovom nizu kalijum ima najnegativniji elektrodni potencijal, dok je zlato najplemenitiji metal. Za protektorsku zaštitu Fe se mogu koristiti metali koji imaju negativniji elektrodni potencijal od gvožđa i nalaze se pre njega u Voltinom nizu, a najčešće su to **Mg, Al** ili **Zn**.

Dakle, u direktnom kontaktu sa gvožđem, cink štiti ovaj metal od korozije, pa bi u oblasti oko gvoždenog eksera feroksil indikator trebalo da pokaže crveno obojenje, dok se oko Zn pločice javlja belo obojenje usled reakcije Zn^{2+} jona sa OH^- jonima i formiranja hidroksida.

S druge strane, bakar, kao elektropozitivniji metal, ne bi bio dobar protektor, jer bi u spregu bakar-čelik došlo do anodne polarizacije čelika, koji bi katodno štiti bakar, tj. došlo bi do pojačane korozije čelika. Ovaj efekat se može videti na osnovu obojenja u gelu oko eksera obmotanog bakarnom žicom, gde će se crveno obojenje pojaviti u blizini bakarne žice a plavo na ostatku eksera.

Takođe, ukoliko ekser savijemo, na mestu savijanja doći će do pojave viška energije, pa će se to mesto ponašati kao anoda i u agar-agar gelu će se pojaviti plavo obojenje.

Postupak izvođenja vežbe

Potrebne hemikalije i materijal:

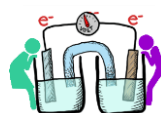
- 4 gvoždena eksera, pločica od cinka, bakarna žica
- 2 staklene Petri šolje
- destilovana voda
- agar-agar
- NaCl
- 1 % vodeni rastvor $K_3[Fe(CN)_6]$
- 1 % alkoholni rastvor fenolftaleina

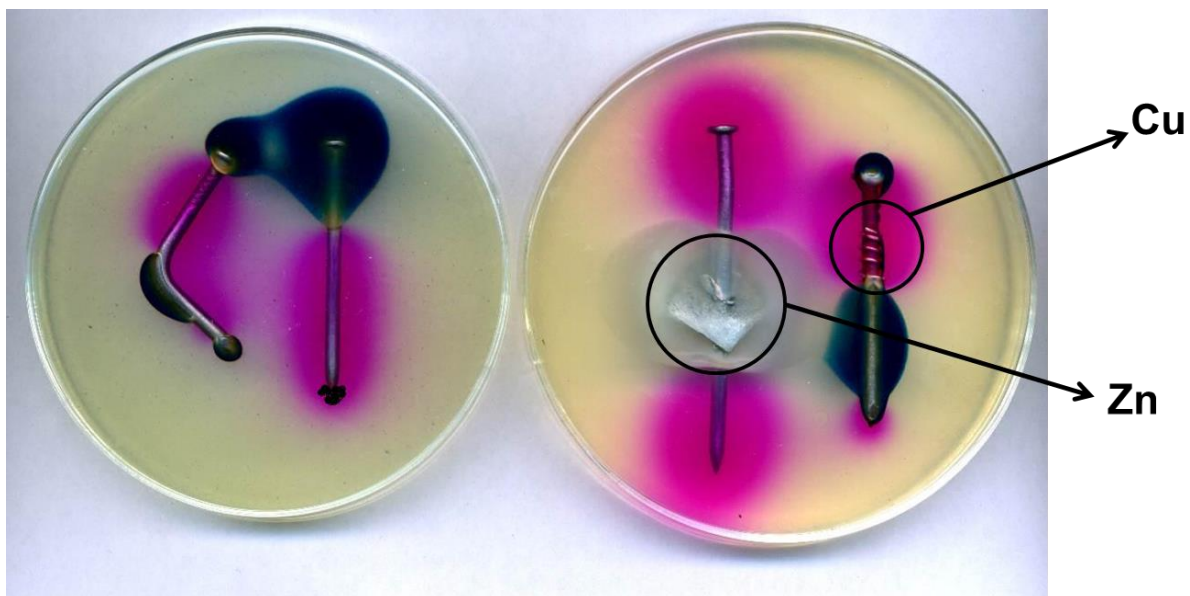
Priprema feroksil indikatora i izvođenje eksperimenta:

Dodati 1 g agar-agara u 200 cm³ destilovane vode, i grejati rastvor ispod temperature ključanja uz neprestano mešanje, do izbistrenja (oko 30 min). Kada se rastvor izbistri, dodati 1 g NaCl i nastaviti grejanje i mešanje još 10-15 min. Zatim treba polako hladiti rastvor, uz neprestano mešanje. Pre nego što se rastvor potpuno ohladi, dodati 6 cm³ 1 %-nog vodenog rastvora $K_3[Fe(CN)_6]$ i 1 cm³ 1 %-nog vodenog rastvora fenolftaleina.

Kao uzorci se koriste prav ekser, savijen ekser, ekser obmotan bakarnom žicom i ekser na koji je navučena pločica od cinka. Uzorci se čiste prvo grubim pa finijim abrazivnim papirom, zatim se ispiraju vodom i odmašćuju etanolom. Pripremljeni uzorci se postavu u dve Petri šolje, pazeći da se uzajamno ne dodiruju, i preliju se feroksil indikatorom. Nakon 30-60 min na uzorcima je moguće utvrditi anodne i katodne zone, na osnovu pojave karakterističnih obojenja u agar-agar gelu (Slika 3).

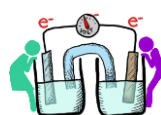
Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF





Slika 3. Rezultat eksperimenta 1 – plavo obojenje predstavlja anodne zone, dok crveno obojenje odgovara katodnim zonama

Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF



Eksperiment 2

Protectorska zaštita

Kao što je spomenuto u objašnjenju prethodne vežbe, cink se može koristiti za protektorsku zaštitu čeličnih konstrukcija, jer se pri kontaktu ova dva metala uspostavlja galvanski spreg u kom Zn igra ulogu anode, dok je Fe, kao katoda, zaštićeno od korozije. Demonstracija ovog efekta se može izvesti u rastvoru NaCl.

U rastvoru NaCl dolazi do korozije gvožđa, pri čemu se ono rastvara prema već pomenutoj reakciji (1), dok nastali elektroni redukuju kiseonik prisutan u rastvoru, što dovodi do nastajanja hidroksilnih jona prema reakciji (3). Joni Fe^{2+} reaguju sa OH^- jonima pri čemu nastaje nerastvorni gvožđe(II)-hidroksid, koji daje žuto obojenje rastvoru:



Prema tome, rastvor NaCl u koji je uronjena samo čelična pločica bi trebalo da se nakon određenog vremena (30-60 min) oboji u žuto. S druge strane, rastvor u kom se nalazi predmet od Fe koji je u kontaktu sa Zn bi trebalo da ostane bistar, jer Zn ima ulogu protektora i štiti Fe od korozije (Slika 4).

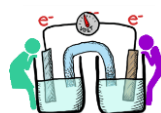


Slika 4. Rezultat eksperimenta 2 nakon 60min:

gore – žuto obojenje rastvora ukazuje na koroziju čelika u ispitivanoj sredini, dole – bistar rastvor ukazuje na efikasnost protektorske zaštite čelika cinkom



Zavirite u elektrohemijisku ćeliju, TMF



Postupak izvođenja vežbe

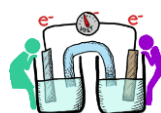
Potrebne hemikalije i materijal:

- 2 staklene čašice od 50 ml
- 10 % rastvor NaCl
- 2 čelične pločice
- 1 pločica od cinka visoke čistoće
- žica sa sa hvataljkama za uspostavljanje električnog kontakta

Postupak:

U dve staklene čašice od 50 ml nasuti istu zapreminu 10 %-nog rastvora NaCl (25 ml), i u jednu čašu potopiti čeličnu pločicu. Između druge čelične pločice i pločice od cinka se uspostavi električni kontakt pomoću žice sa hvataljkama, a zatim se tako povezani uzorci urone u rastvor NaCl u drugoj čaši, pazeći pritom da se pločice od čelika i Zn međusobno ne dodiruju. Nakon 30-60 min moguće je uočiti da je čelična pločica u prvoj čaši korodirala na osnovu pojave žutog obojenja rastvora, dok je u drugoj čaši (u koju su uronjene povezane pločice čelika i Zn) rastvor bistar, što ukazuje na efikasnu protektorsku ulogu cinka (Slika 4).

Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF



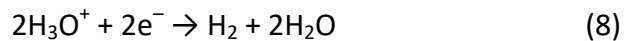
Eksperiment 3

Određivanje brzine korozije cinka

Poznato je da cink korodira u kiselim sredinama, pri čemu se kao anodna reakcija odvija oksidacija Zn:



dok je katodna reakcija izdvajanje vodonika:



U posebno korozivnim elektrolitima, kao što su kiseli rastvori koji sadrže hloridne jone, izdvajanje gasa H_2 sa površine metala je toliko intenzivno (Slika 5), da se brzina korozije metala može pratiti merenjem njegove zapremine. Postupka izračunavanja brzine korozije je objašnjen u daljem tekstu.

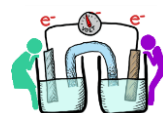
Slika 5. Izdvajanje gasa H_2 sa površine pločice Zn izložene agresivnim korozionim uslovima

a) Izračunavanje j_{kor} iz izmerene zapremine vodonika

Količina izdvojenog vodonika tokom korozije Zn se može povezati sa strujom korozije pomoću Faradejevog zakona:

$$n(\text{H}_2) = \frac{I_{\text{kor}} \cdot t}{z \cdot F} \quad (9)$$

Zavirite u elektrohemijisku ćeliju, TMF



S obzirom na to da se vodonik može smatrati idealnim gasom, zapremina izdvojenog vodonika je:

$$V(\text{H}_2) = \frac{I_{\text{kor}} \cdot t}{z \cdot F} \cdot \frac{R \cdot T}{p} \quad (10)$$

Gustina struje korozije predstavlja odnos jačine struje korozije i površine Zn pločice:

$$j_{\text{kor}} = \frac{I_{\text{kor}}}{A} \quad (11)$$

Kada se u jednačinu (10) zameni jednačina (11), a odnos RT/p zameni molarnom zapreminom, V_m , koja na temperaturi 298 K iznosi $24,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ sledi da se gustina struje korozije Zn može izračunati na osnovu izmerene zapremine izdvojenog vodonika iz jednačine:

$$j_{\text{kor}} = \frac{V(t)}{V_m} \cdot \frac{z \cdot F}{A \cdot t} \quad (12)$$

b) Izračunavanje brzine korozije, v_{kor} , na osnovu gustine struje korozije

Brzina korozije metala se može izraziti i kao gubitak debljine uzorka, Δd . Kada se gubitak mase uzorka cinka izrazi kao:

$$\Delta m(\text{Zn}) = \Delta d(\text{Zn}) \cdot A \cdot \rho(\text{Zn}) \quad (13)$$

gde je $\rho(\text{Zn})$ gustina cinka.

Gubitak mase Zn tokom korozije je, prema Faradejevom zakonu:

$$\Delta m(\text{Zn}) = I_{\text{kor}} \cdot t \cdot \frac{M(\text{Zn})}{z \cdot F} \quad (14)$$

Kada se u jednačinu (14), zamene jednačine (11) i (13) dobija se:

$$\Delta d(\text{Zn}) = j_{\text{kor}} \cdot t \cdot \frac{M(\text{Zn})}{z \cdot F \cdot \rho(\text{Zn})} \quad (15)$$

Uobičajeno je da se brzina korozije izražava u jedinicama u mm god^{-1} , što se može direktno izračunati kada se u jednačinu (15) zameni da je $t = 8760 \text{ h}$, $M(\text{Zn}) = 65,38 \text{ g mol}^{-1}$, $\rho(\text{Zn}) = 7,14 \text{ g cm}^{-3}$, $z = 2$ i $F = 26,8 \text{ Ah mol}^{-1}$:

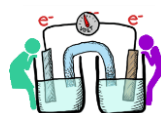
$$v_{\text{kor}} (\text{mm god}^{-1}) = j_{\text{kor}} (\text{A cm}^{-2}) \times 14,96 \cdot 10^3 \quad (16)$$

Postupak izvođenja vežbe

Potrebne hemikalije i materijal:

- 1 staklena bireta od 25 ml sa zvonom i obrnutom graduacijom
- 1 stakleni držač za uzorak
- 1 staklena čaša od 250 ml
- 2 mol dm^{-3} rastvora HCl
- 1 pločica od cinka visoke čistoće

Zavirite u elektrohemijsku ćeliju, TMF

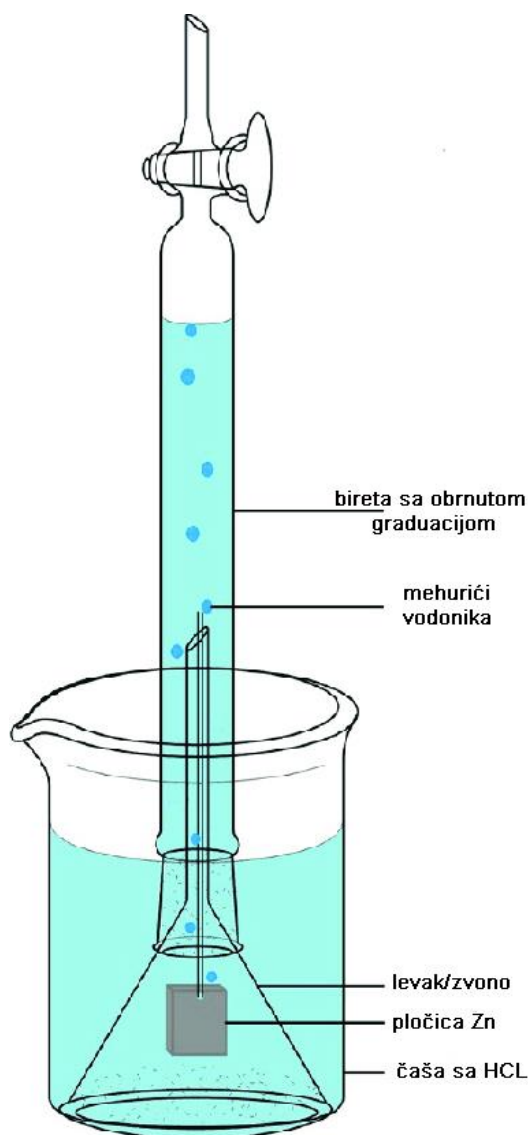


Postupak:

Uzorak cinka se prvo mehanički pripremi brušenjem grubljim, pa finijim abrazivnim papirom, zatim se odmasti etanolom, i osuši. Tako pripremljena pločica se postavi u držač u vertikalnom položaju na dno staklene čaše. Bireta se postavi u čašu tako da uzorak bude centriran unutar zvona (Slika 6), a zatim se čaša napuni do vrha rastvorom HCl koncentracije 2 mol dm^{-3} .

Rastvor se pumpicom uvuče u biretu tačno do oznake 0, a istovremeno se uključi hronometar. Potrebno je izmeriti vreme za koje se izdvoji zapremina vodonika od 10 cm^3 . Nakon obavljenog eksperimenta, pločica od cinka se brzo izvadi iz kiseline pincetom, ispere u destilovanoj vodi i osuši.

Na osnovu dobijenih eksperimentalnih podataka potrebno je izračunati gustinu struje korozije na osnovu zapremine izdvojenog H_2 . Na osnovu izračunate gustine struje korozije, na kraju je potrebno izračunati i brzinu korozije u jedinicama mm/god.



Slika 5. Postavka aparature za izvođenje eksperimenta 3.

