

UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS

Predmet: UPORABNA ELEKTROKEMIJA
Course Title: APPLIED ELECTROCHEMISTRY

Študijski program in stopnja Study Programme and Level	Študijska smer Study Field	Letnik Academic Year	Semester Semester
MAG Kemija, 2. stopnja	/	2.	4.
USP Chemistry, 2 nd Cycle	/	2 nd	4 th

Vrsta predmeta / Course Type: izbirni strokovni / Elective Professional

Univerzitetna koda predmeta / University Course Code: K2I13

Predavanja Lectures	Seminar Seminar	Vaje Tutorial	Klinične vaje Work	Druge oblike študija	Samost. delo Individual Work	ECTS
35	25	15 LV	/	/	75	5

Nosilec predmeta / Lecturer: prof. dr. Miran Gaberšček / Dr. Miran Gaberšček, Full Professor

Jeziki / Languages: **Predavanja / Lectures:** slovenski / Slovenian
Vaje / Tutorial: slovenski / Slovenian

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:

Študent oz. kandidat mora imeti predmet opredeljen kot študijsko obveznost.

Prerequisites:

The course has to be assigned to the student.

Vsebina:

Pregled teorije elektrodnih procesov: Električni dvosloj, kinetika elektrodnih procesov, Butler-Volmerjeva enačba in njene limitne oblike (Taflova relacija, polarizacijska upornost). Transport snovi (difuzija, konvekcija, migracija) in vpliv transporta na hitrost elektrodnih procesov.

Metode za študij elektrodnih procesov in ugotavljanje mehanizma elektrodnih procesov: Potenciostatsko in galvanostatsko merjenje polarizacijskih krivulj, tranzientne tehnike (kronoamperometrija, kronokulometrija, kronopotenciometrija), ciklična voltometrija, impedančna spektroskopija. Simulacija elektrodnih procesov. Mehanizem redukcije

Content (Syllabus outline):

Overview of the theory of electrode processes: electrical double layer, kinetics of electrode processes, Butler-Volmer equation and the limiting cases (Tafel relation, polarisation resistance). Transport of matter (diffusion, convection, migration) and the influence of transport on the rate of electrode processes.

Methods for study of electrode processes and identification of their mechanisms: potentiostatic and galvanostatic measurements of polarisation curves, transient techniques (chronoamperometry, chronocoulometry, chronopotentiometry), cyclic voltammetry, impedance spectroscopy. Simulation of electrode processes. Mechanism of hydrogen

vodika (HER) in izločanja kisika (OER).

Elektrokemija materialov

- Elektrodepozicija, elektrosinteza in tehnike za študij procesov. Samosestavljive monoplasti-SAM, podnapetostno izločanje-UPD, elektrokemijska kvarčna mikrotehnica - EQCMB.

- Elektrokemijska korozija: vrste korozije, termodinamski in kinetični vidiki (Pourbaix, Wagner-Traud), korozijski tok in korozijski potencial, Evansovi diagrami, elektrokemijske metode za študij korozijskih procesov, inhibicija korozije, pasivacija in protikorozijska zaščita.

- Elektrokemijski viri energije: elektrokemijski vidiki primarnih in sekundarnih virov energije (učinkovitost, gostota energije), pregled klasičnih in naprednih sistemov (Zn/MnO₂, Pb/PbO₂, Ni/Cd, Ni/MH, Li/Li⁺, gorivne celice), fotovoltaični sistemi.

Elektrokemijski senzorji: principi delovanja aplikacija pri študiju ravnotežij, mikroelektrode, kemijsko modificirane elektrode, pretočne mikroelektrode, ultramikroelektrode.

Elektroanalizne tehnike: Voltametrij (pulzna in diferenčna pulzna, square wave voltametrij), aplikacija v analitiki anorganskih in organskih komponent, speciaciji, študiju interakcij kovina-ligand, bioloških sistemih ter karakterizaciji in analizi materialov.

Stripping tehnike: anodna in katodna stripping voltametrij, adsorpcijska voltametrij, aplikacija v analitiki sledov, okoljski kemiji in bioloških sistemih.

Sestavljene tehnike: spektroelektrokemija (EC-UV-Vis, EC-IR, EC-MS, SEM, EC-STM, EC-AFM,), elektrokemijska detekcija v pretočnih sistemih (EC-HPLC, EC-FIA).

(HER) and oxygen (OER) evolution reaction.

Materials electrochemistry

- Electrodeposition, electrosynthesis and techniques for monitoring of processes. Self assembled monolayers (SAMs), underpotential deposition (UPD), electrochemical quartz balance, EQCMB.

- Electrochemical corrosion: types of corrosion, thermodynamic and kinetic aspects (Pourbaix, Wagner-Traud), corrosion current and potential, Evans diagrams, electrochemical methods for investigation of corrosion, corrosion inhibition, passivation and anti-corrosion protection.

- Electrochemical energy sources: primary and secondary energy sources (efficiency, energy density), overview of conventional and advanced systems (Zn/MnO₂, Pb/PbO₂, Ni/Cd, Ni/MH, Li/Li⁺, fuel cells), photovoltaic systems.

Electrochemical sensors: principles of operation, applications in equilibrium studies, microelectrodes, chemically modified electrodes, flow microelectrodes, ultramicroelectrodes.

Electroanalytical techniques: voltammetry (pulse and differential pulse, square wave voltammetry), application in analysis of organic components, speciation analysis, study of metal-ligand interactions, biological systems and characterisation and analysis of materials.

Stripping techniques: anode and cathode stripping voltammetry, application in trace analysis, environmental chemistry and biological systems.

Composite techniques: spectroelectrochemistry (EC-UV-Vis, EC-IR, EC-MS, SEM, EC-STM, EC-AFM,), electrochemical detection in flow systems (EC-HPLC, EC-FIA).

Temeljna literatura in viri / Readings:

- J.O' M. Bockris, A.K.N. Reddy, Modern Electrochemistry, Electrode in Chemistry, Engineering, Biology, and Environmental Science, Vol. 2B, 2nd Ed., Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2000, izbrana poglavja v obsegu ca. 300 strani

Dodatna literatura:

- A.J. Bard, M. Stratmann, Eds., Encyclopedia of Electrochemistry, Vol. 2, Interfacial Kinetics and Mass Transport, Vol. Ed. E.J. Calvo, Wiley-VCH, Weinheim, 2003.
- R. Greef, R. Peat, L.M. Peter, D. Pletcher, J. Robinson, Instrumental Methods in Electrochemistry, Ellis Horwood Lim., Chichester, 1985.
- A.J. Bard, M. Stratmann, Eds., Encyclopedia of Electrochemistry, Vol. 3, Instrumentation and Electroanalytical Chemistry, Vol. Ed. P.R. Unwin, Wiley-VCH, Weinheim, 2003.
- Pregledni članki in poglavja v novejši literaturi.

Cilji in kompetence:

Cilji: Poglobljen študij elektrokemijskih zakonitosti, ki so podlaga za elektroanalizne metode ter raziskave na področju materialov, elektrokemijskih senzorjev in biomolekularnih ved.

Kompetence: Pridobljena znanja so usmerjena v razumevanje in usposabljanje za raziskovalno delo na teh področjih.

Objectives and Competences:

Objectives: In-depth study of electrochemical laws which represents the basis for understanding corrosion, electroanalysis, materials electrochemistry, biomolecular sciences and similar.

Competences: Acquired knowledge is the basis for training and applied work either in research or in routine laboratory work in the field of electrochemistry.

Predvideni študijski rezultati:

Znanje in razumevanje

Študent pridobi temeljna znanja potrebna za razumevanje elektrokemijskih procesov in spozna uporabo elektrokemijskih zakonitosti na več področjih. Obvlada instrumentacijo in razume principe elektrokemijskih tehnik potrebnih za študij in raziskave povezanih z elektrokemijo.

Uporaba

Pridobljeno znanje je usmerjeno v aplikacijo elektrokemijskih zakonitosti in pojavov na področjih kot so: korozija, preiskave in razvoj novih materialov, elektrokemijska sinteza in elektrokemijski viri energije, elektroanalizne metode, ipd. Študent se na teh področjih usposobi za samostojno raziskovalno delo in spozna načine prenosa in uporabe teoretskih zakonitosti v praksi.

Intended Learning Outcomes:

Knowledge and Comprehension

The student acquires base knowledge needed for understanding electrochemical processes and is acquainted with selected applications of electrochemical phenomena in various fields. The student also acquires selected laboratory skills and techniques related to applied electrochemistry.

Application

<u>Refleksija</u>	<u>Analysis</u>
<u>Prenosljive spretnosti</u> Pridobi eksperimentalne veščine na področju elektrokemije, zna uporabljati znanstveno in strokovno literaturo ter pravilno predstaviti in razlagati merske rezultate. Pridobi znanja potrebna za projektno in timsko delo.	<u>Skill-transference Ability</u>

Metode poučevanja in učenja:

Predavanja, seminarji in referati iz literature, eksperimentalno delo v laboratoriju, projektno delo.

Learning and Teaching Methods:

Lectures, seminars based on literature, experimental work in laboratory, project work.

Načini ocenjevanja:	Delež (v %) / Weight (in %)	Assessment:
A) Seminarska naloga B) Izvedba in predstavitev projekta C) Ustni izpit	A) 20% B) 30% C) 50%	
Skupna ocena mora biti 6 ali več (uspešno).		

Reference nosilca / Lecturer's references:

- HODNIK, Nejc, ZORKO, Milena, JOZINOVIĆ, Barbara, BELE, Marjan, DRAŽIĆ, Goran, HOČEVAR, Stanko, GABERŠČEK, Miran. Severe accelerated degradation of PEMFC platinum catalyst : a thin film IL-SEM study. *Electrochem. commun.*, 2013, vol. 30, str. 75-78
- KHATIB, R., DALVERNY, A. - L., SAUBANÈRE, M., GABERŠČEK, Miran, DOUBLET, M. - L. Origin of the voltage hysteresis in the CoP conversion material for Li-ion batteries. *The journal of physical chemistry. C, Nanomaterials and interfaces*, 2013, vol. 117, no. 2, str. 837-849.
- ATEBAMBA, Jean-Marcel, MOŠKON, Jože, PEJOVNIK, Stane, GABERŠČEK, Miran. On the interpretation of measured impedance spectra of insertion cathodes for lithium-ion batteries. *J. Electrochem. Soc.*, 2010, vol. 157, no. 11, str. A1218-A1228.