

Elettrochimica dei Sistemi di Conversione e di Accumulo dell'Energia

Electrochemical Systems for Energy Conversion and Storage

A.A.	2025/26	CdS	CHIMICA
Codice	8067847	Canale	unico
CFU	6	Lingua	italiano

DOCENTE RESPONSABILE

Alessandra D'Epifanio

OBIETTIVI FORMATIVI

Italiano	<p>OBIETTIVI FORMATIVI: L'insegnamento si prefigge l'obiettivo di fornire agli studenti gli strumenti necessari per acquisire una comprensione generale sui materiali e metodi di caratterizzazione per il loro utilizzo nei sistemi elettrochimici per applicazioni in campo energetico, con particolare attenzione alla produzione e l'accumulo di energia sostenibile.</p> <p>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Conoscenza dei principali metodi elettrochimici per la caratterizzazione dei materiali utilizzati nei dispositivi per applicazioni energetiche.</p> <p>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: L'insegnamento si prefigge inoltre di sviluppare negli studenti la capacità di applicare le conoscenze nell'ambito dell'elettrochimica a casi di studio sia di sistemi convenzionali che innovativi, quali celle a combustibile e batterie di ultima generazione.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Lo studente dovrà dimostrare di avere acquisito conoscenze dei metodi di caratterizzazione elettrochimica in modo da poter interpretare le informazioni utili per valutazioni autonome, inclusa la riflessione su applicazioni scientifiche innovative.</p> <p>ABILITÀ COMUNICATIVE: Lo studente alla fine del corso sarà in grado di comunicare le conoscenze acquisite esponendole con una corretta terminologia scientifica sia verso personale qualificato che non.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Lo studente svilupperà la capacità di apprendere, anche autonomamente, argomenti relativi alle tecnologie elettrochimiche applicate in campo energetico.</p>
Inglese	<p>LEARNING OUTCOMES: <i>The aim of the course is to provide the students with the knowledge and understanding of the relationship between structure and electrical properties of materials for application in electrochemical devices for energy conversion and storage.</i></p> <p>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</p>



	<p><i>Knowledge of the main electrochemical methods for characterizing materials used in devices for energy applications.</i></p> <p>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>The course also aims at providing the students with the ability to apply the knowledge in the field of electrochemistry of materials for the development of innovative systems for energy conversion and storage, such as fuel cells and batteries.</i></p> <p>MAKING JUDGEMENTS: <i>The student will have to demonstrate that he has acquired knowledge of electrochemical characterization methods and to be able to interpret the information helpful in determining independent evaluations, including reflection on innovative scientific applications.</i></p> <p>COMMUNICATION SKILLS: <i>At the end of the course, the student can communicate the knowledge acquired by exposing correct scientific terminology to qualified and non-qualified personnel.</i></p> <p>LEARNING SKILLS: <i>The student will develop an ability to learn, even independently, topics related to electrochemical technologies applied in the energy field.</i></p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PREREQUISITI

Italiano	Lo studente deve avere solide conoscenze delle discipline chimiche e chimico-fisiche di base.
Inglese	<i>The student should have solid bases of chemistry and physical chemistry.</i>

PROGRAMMA

Italiano	<p>(2 ore) Introduzione al corso. Stato energetico globale: richieste, sfide e prospettive future. Il ruolo cruciale dei sistemi elettrochimici nello scenario energetico basato sull'uso delle fonti rinnovabili richiami di elettrochimica celle galvaniche e di elettrolisi</p> <p>(8 ore) conducibilità liquidi e solidi. Conduttori elettrici: conduttori elettronici e conduttori ionici (elettroliti). Meccanismi di trasporto ionico in soluzioni elettrolitiche liquide, sali fusi e polimeri ionoconduttori. Trasporto ionico e conduttività nei materiali ionici, termodinamica e cinetica dei processi elettrochimici. Celle elettrolitiche e celle galvaniche: Energia Libera di Gibbs e potenziale di cella</p> <p>(4 ore) interfase elettrodo/elettrolita: il doppio strato elettrico: origine del potenziale elettrodo e struttura dell'interfaccia elettrodo/soluzione.</p> <p>(2ore) potenziale elettrodo, celle elettrochimiche potenziale di giunzione</p> <p>(6 ore) Cinetica elettrochimica e sovratensioni agli elettrodi polarizzati. Equazione di Butler-Volmer.</p> <p>(8 ore) tecniche elettrochimiche per la caratterizzazione di elettrocatalizzatori: voltammetria ciclica e voltammetria idrodinamica con elettrodo rotante. Cenni di spettroscopia elettrochimica di impedenza.</p> <p>(4 ore) Batterie di 1a e 2a Specie. Stato dell'arte e prospettive future</p>
----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	<p>(4 ore) Celle a combustibile a bassa ed alta temperatura. Stato dell'arte e prospettive future</p> <p>(4 ore) Componenti: materiali anodici-catodici (metalli e compositi), elettroliti (liquidi, polimerici) utilizzati per la conversione e l'accumulo di energia elettrica in dispositivi quali celle a combustibile, elettrolizzatori e batterie a flusso</p> <p>(6 ore) esperienze di laboratorio con applicazione delle tecniche elettrochimiche di caratterizzazione dei materiali (elettrocatalizzatori e membrane a scambio ionico) e dei dispositivi quali elettrolizzatori e batterie (celle a combustibile microbiche e batterie redox a flusso).</p>
Inglese	<p><i>(2 hours) Introduction to the course. Global energy state: demands, challenges, and prospects. The crucial role of electrochemical systems in the energy scenario based on the use of renewable sources references to electrochemistry, galvanic cells, and electrolysis</i></p> <p><i>(8 hours) Electric conductors: ionic (electrolytes) and electronic conductors. Mechanisms of ion transport in liquid electrolyte solutions, molten salts, and ion-conductive polymers. Ionic transport and conductivity in ionic materials, thermodynamics and kinetics of electrochemical processes. Electrolytic cells and galvanic cells: Gibbs free energy and cell potential.</i></p> <p><i>(4 hours) electrode/electrolyte interphase: electric double layer: origin of the electrode potential and structure of the electrode/solution interface.</i></p> <p><i>(2 hours) electrodic potential, electrochemical cells and junction potential</i></p> <p><i>(6 hours) Electrochemical kinetics and overvoltages at the polarized electrodes. The Butler-Volmer equation</i></p> <p><i>(8 hours) Electrocatalytic reactions and electrochemical techniques for the characterization of electrocatalysts: cyclic voltammetry and hydrodynamic voltammetry with rotating electrode. Fundamentals of electrochemical impedance spectroscopy.</i></p> <p><i>(4 hours) Primary and Secondary Batteries: State-of-the-art and future prospects</i></p> <p><i>(4 hours) High and low-temperature fuel cells. State-of-the-art and future prospects</i></p> <p><i>(4 hours) Electrochemical cell components: anodic-cathodic materials (metals and composites) and electrolytes (liquids, polymers) used for the conversion and storage of electrical energy in devices such as fuel cells, electrolyzers, and batteries.</i></p> <p><i>(6 hours) laboratory experiences with the application of electrochemical techniques for characterizing materials (electrocatalysts and ion exchange membranes) and devices such as electrolyzers and batteries (microbial fuel cells and flow redox batteries).</i></p>

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA

Italiano	<p>Dispense fornite dal docente.</p> <p>Bibliografia di riferimento: Allen J. Bard and Larry R. Faulkner (2001) <i>Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications</i>, New York: Wiley, 2001, 2nd ed. ISBN: 978-0-471-04372-0</p>
Inglese	<p><i>Teaching material provided by the teacher.</i></p> <p><i>Reference Bibliography:</i> <i>Allen J. Bard and Larry R. Faulkner (2001) Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, New York: Wiley, 2001, 2nd ed. ISBN: 978-0-471-04372-0</i></p>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

Italiano	<p>Lezioni frontali sugli argomenti del corso anche con l'ausilio di diapositive esplicative (48 ore).</p>
Inglese	<p><i>Frontal lessons on the topics of the course also with the help of explanatory slides (48 hours).</i></p>

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

Prova orale

<p>Italiano</p>	<p>L'esame consiste in un colloquio orale volto a verificare il livello di conoscenza degli argomenti svolti e valutare la capacità di utilizzare le conoscenze acquisite nel valutare le proprietà elettrochimiche dei materiali, le principali tecniche per la loro caratterizzazione e le applicazioni in ambito di accumulo e produzione di energia. La valutazione finale è espressa in trentesimi e viene definita tenendo conto di:</p> <ul style="list-style-type: none"> -il grado di acquisizione della conoscenza degli argomenti trattati. -la capacità di sintesi e correlazione tra i vari argomenti. -la comprensione e la capacità di interpretazione delle conoscenze acquisite. <p>Durante l'esame vengono poste almeno tre domande sugli argomenti svolti.</p> <p>L'esame è superato se si risponde in modo soddisfacente ed il voto è assegnato secondo quanto segue:</p> <p>18-21, lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina, modo di esprimersi e linguaggio sufficientemente corretti e appropriati.</p> <p>22-25, lo studente ha acquisito in maniera approfondita i concetti di base della disciplina, ed è adeguatamente in grado di effettuare i collegamenti fra le varie materie. Presenta linearità nella strutturazione del discorso. Il linguaggio è appropriato e corretto.</p> <p>26-29, lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e ben strutturato. È in grado di applicare e rielaborare in maniera autonoma, senza alcun errore, le conoscenze acquisite. Evidenzia ricchezza di riferimenti e capacità logico-analitiche con un linguaggio fluido, appropriato e vario.</p> <p>30 e 30 e lode, lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e approfondito. Sa applicare conoscenze a casi e problemi complessi ed estenderle a situazioni nuove. I riferimenti culturali sono ricchi e aggiornati. Si esprime con brillantezza e perfetta proprietà di linguaggio.</p>
<p>Inglese</p>	<p><i>The exam consists of an oral interview aimed at verifying the level of knowledge of the topics covered and assessing the ability to use it in evaluating main electrochemical methods for materials characterization, and applications in fuel cells and batteries. The final evaluation is expressed out of thirty and is defined taking into account:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>- the degree of acquisition of knowledge of the topics covered.</i> <i>- the ability to synthesize and correlate the various topics.</i> <i>-the understanding and the ability to interpret the acquired knowledge.</i> <p><i>During the exam, at least three questions are asked on the topics covered.</i></p> <p><i>The exam is passed if the answer is satisfactory and the grade is assigned according to the following :</i></p> <p><i>18-21, the student has acquired the basic concepts of the discipline, manner of expression and language that is sufficiently correct and appropriate.</i></p> <p><i>22-25, the student has acquired in depth the basic concepts of the discipline, and is adequately able to make the connections between the various subjects. The student presents linearity in the structuring of speech. The language is appropriate and correct.</i></p> <p><i>26-29, the student has a complete and well-structured set of knowledge. The student is able to independently apply and re-elaborate the acquired knowledge without any errors. The student is able to highlight a wealth of references and logical-analytical skills with a fluid, appropriate and varied language.</i></p> <p><i>30 and 30 cum laude, the student has a complete and in-depth knowledge base. The student knows how to apply knowledge to complex cases and problems and extend it to new situations. The cultural references are rich and up-to-date. The student exposes the acquired concepts with brilliance and perfect language properties.</i></p>

MODALITÀ DI FREQUENZA

Frequenza facoltativa

Italiano	La frequenza alle lezioni benché facoltativa è fortemente consigliata e necessaria all'apprendimento delle molte nozioni e strumenti impartiti nel corso.
<i>Inglese</i>	<i>Attendance at classes although optional, is strongly recommended and necessary to learn the many notions and tools provided in the course.</i>