

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Elettrochimica dei Sistemi di Conversione e di Accumulo dell'Energia

ELECTROCHEMICAL SYSTEMS FOR ENERGY CONVERSION AND STORAGE

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	CHIMICA
Codice	8068234	Canale	Unico
CFU	6	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

ALESSANDRA D'EPIFANIO

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	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 all'accumulo di energia sostenibile. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Conoscenza dei principali metodi elettrochimici per la caratterizzazione dei materiali utilizzati nei dispositivi per applicazioni energetiche 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 sia innovativi, quali celle a combustibile, elettrolizzatori e batterie di ultima generazione. AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito conoscenze sui metodi di caratterizzazione elettrochimica, in modo da poter interpretare le informazioni utili per valutazioni autonome, inclusa la riflessione sulle applicazioni scientifiche innovative. ABILITÀ COMUNICATIVE: Lo studente, alla fine del corso, sarà in grado di comunicare le conoscenze acquisite, utilizzando una terminologia scientifica corretta, sia verso personale qualificato sia verso personale non qualificato.
-----------------	---

	CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Lo studente svilupperà la capacità di apprendere, anche in autonomia, argomenti relativi alle tecnologie elettrochimiche applicate nel settore energetico.
English	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> KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>Knowledge of the main electrochemical methods for characterizing materials used in devices for energy applications.</i> APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: <i>The course also aims to provide 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> 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> 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> LEARNING SKILLS: <i>The student will develop an ability to learn, even independently, topics related to electrochemical technologies applied in the energy field.</i>

PREREQUISITI

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

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	(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 (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, richiami di termodinamica e cinetica dei processi elettrochimici. Celle elettrolitiche e celle galvaniche: Energia Libera di Gibbs e potenziale di cella (4 ore) Interfaccia elettrodo/elettrolita: il doppio strato elettrico: origine del potenziale elettrodico e struttura dell'interfaccia elettrodo/soluzione. (2ore) Celle elettrochimiche, potenziale elettrodico, potenziale di giunzione. (6 ore) Cinetica elettrochimica e sovratensioni agli elettrodi polarizzati. Equazione di Butler-Volmer. (8 ore) tecniche elettrochimiche per la caratterizzazione di elettrocatalizzatori: voltammetria ciclica e voltammetria idrodinamica con elettrodo rotante. Cenni di spettroscopia elettrochimica di impedenza. (4 ore) Batterie di 1^a e 2^a specie. Stato dell'arte e prospettive future (4 ore) Celle a combustibile a bassa e ad alta temperatura. Stato dell'arte e prospettive future (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 (6 ore) Esperienze di laboratorio con l'applicazione di tecniche elettrochimiche per la caratterizzazione dei materiali (elettrocatalizzatori e membrane a scambio ionico) e dei dispositivi, quali elettrolizzatori e batterie (es.: celle a combustibile microbiche e batterie redox a flusso).
<i>English</i>	<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> <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> <i>(4 hours) electrode/electrolyte interphase: electric double layer: origin of the electrode potential and structure of the electrode/solution interface.</i> <i>(2 hours) electrodic potential, electrochemical cells and junction potential</i> <i>(6 hours) Electrochemical kinetics and overvoltages at the polarized electrodes. The Butler-Volmer equation</i>

	(8 hours) <i>Electrocatalytic reactions and electrochemical techniques for the characterization of electrocatalysts: cyclic voltammetry and hydrodynamic voltammetry with rotating electrode. Fundamentals of electrochemical impedance spectroscopy.</i> (4 hours) <i>Primary and Secondary Batteries: State-of-the-art and future prospects</i> (4 hours) <i>High and low-temperature fuel cells. State-of-the-art and future prospects</i> (4 hours) <i>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> (6 hours) <i>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>
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Dispense fornite dal docente. 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
<i>English</i>	<i>Teaching material provided by the teacher.</i> <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>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

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

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

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

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

- ☐ Prova scritta
 ☒ Prova orale
 ☐ Prova di laboratorio
 ☐ Prova pratica
☐ Valutazione in itinere
 ☐ Valutazione di progetto
 ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Alessandra D'Epifanio, Barbara Mecheri, Williane da Silva Freitas

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	Il raggiungimento dei risultati di apprendimento previsti viene verificato mediante un esame orale della durata di circa 30–45 minuti. Il colloquio prende avvio dalla discussione critica di un dispositivo per la conversione o l'accumulo dell'energia e prosegue con tre ulteriori quesiti relativi agli argomenti trattati nel corso. La prova è finalizzata a valutare sia il livello di conoscenza e comprensione degli argomenti acquisito dallo studente, sia la sua capacità di analisi, di collegamento tra i diversi contenuti del corso e di esposizione con un linguaggio scientifico appropriato. Graduazione del voto orale: 18-21, lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina, modo di esprimersi e linguaggio sufficientemente corretti e appropriati. 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. 26-29, lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e ben strutturato. È in grado di applicare e rielaborare in modo autonomo, senza errori, le conoscenze acquisite. Evidenzia la ricchezza di riferimenti e le capacità logico-analitiche con un linguaggio fluido, appropriato e vario. 30 e lode, lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e approfondito. Sa applicare le 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.
English	<i>The achievement of the intended learning outcomes is assessed through an oral examination lasting approximately 30–45 minutes. The examination begins with a critical discussion of an energy conversion or energy storage device and continues with three additional questions covering the main topics addressed during the course. The assessment is designed to evaluate both the student's knowledge and understanding of the course content and their ability to analyze concepts, establish connections among different topics, and communicate effectively using appropriate scientific terminology.</i> <i>The exam is passed with a grade of 18/30 or higher.</i> <i>Graduation of the grade of the oral exam:</i> <i>18-21, the student has acquired the basic concepts of discipline and expresses himself with a sufficiently correct and appropriate language.</i>



	<i>22-25, the student has deeply acquired the basic concepts of discipline and is able to integrate different courses. The speech structure is linear, and the language is correct and properly used.</i> <i>26-29, the student has a full and well-structured wealth of knowledge. He/she can independently apply and elaborate the acquired knowledge and possess great logical-analytical skills, expressing with a varied and fluid language.</i> <i>30 e 30 cum laude, the wealth of knowledge is complete and detailed. The student can apply knowledge to complex cases and widen to novel scenarios. Cultural references are many and updated. Language is brilliant and properly used.</i>
--	--