

Ph D in Materials for Sustainable Development
Teaching Activity 2024/25

MATERIALS ELECTROCHEMICAL CHARACTERIZATION TECHNIQUES

Professor Williane da Silva Freitas (williane.freitas@uniroma2.it)

Location:

Seminar Room Department of Chemical Science and Technologies

Calendar:

8th, 15th, 22nd and 29th May

Time: 14:30-16:30

Syllabus

Electrocatalytic technologies such as fuel cells (FCs), water electrolyzers (WEs), and redox flow batteries (RFBs) play a vital role in the advancement of the hydrogen economy, as well as the implementation of other renewable green energy sources. Developing efficient electrocatalytic materials and ion exchange membranes for rate-determining reactions in FCs and WEs are the major issues that must be addressed before effective implementation. The successful synthesis and optimization of materials require insights into the relationship between atomic-scale structure and their activity. The electrochemical characterization methods in a half-cell configuration combined with spectroscopical analysis are crucial to screening the materials' properties according to their structural and chemical-surface functionalization.

This series of lectures will focus on providing insights into developing and studying electrocatalytic materials for application in polymer electrolyte FCs and WEs and into the common electrochemical characterization methods to elucidate their activity. The discussed characterization approaches will be supported by the current and high-quality literature and by established protocols.

Schedule:

8th May: *Introduction* – Role of the electrochemical systems in the energy transition scenario towards the renewable sources utilization; Low-temperature fuel cells, water-electrolyzers, and redox flow batteries: classification, work principle, and state-of-the-art components, reactions at the electrodes and mechanisms.

15th May: Electrode/solution interface structure (electric double-layer); Electrochemical kinetics and overvoltage at polarized electrodes: the Butler-Volmer equation. Actual polarization curve: kinetic, ohmic, and mass transport limitations.

22nd May: Alternative materials for oxygen electrocatalysis, acidic and alkaline environments, in polymer electrolyte fuel cells and electrolyzers.

29th May: Voltametric techniques for characterizing oxygen reduction and evolution reaction electrocatalysts and redox couples for RFBs: cyclic voltammetry and linear sweep voltammetry in hydrodynamic conditions using a rotating disk electrode (RDE) and a rotating ring disk electrode (RRDE).

Programma

Le tecnologie elettrocatalitiche, come le celle a combustibile (FC), gli elettrolizzatori (WE) e le batterie redox a flusso (RFB), giocano un ruolo fondamentale nell'avanzamento dell'economia dell'idrogeno, nonché nell'implementazione di altre fonti di energia rinnovabile e verde. Lo sviluppo di materiali elettrocatalitici efficienti e membrane a scambio ionico per le reazioni determinanti la velocità nelle FC e negli WE rappresenta una delle principali problematiche da affrontare prima di una loro efficace implementazione.

La sintesi e l'ottimizzazione di tali materiali richiedono una comprensione approfondita della relazione tra la struttura a scala atomica e la loro attività. Le tecniche di caratterizzazione elettrochimica in configurazione a semicella, combinate con l'analisi spettroscopica, sono fondamentali per esaminare le proprietà dei materiali in base alla loro struttura e alla funzionalizzazione chimica e superficiale.

Questa serie di lezioni si concentrerà sul fornire approfondimenti sullo sviluppo e lo studio di materiali elettrocatalitici per applicazioni nelle celle a combustibile con elettrolita polimerico e negli elettrolizzatori, nonché sui metodi di caratterizzazione elettrochimica comuni per chiarirne l'attività. Gli approcci di caratterizzazione discussi saranno supportati dalla letteratura attuale e dai protocolli consolidati.