



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2020/2021
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2020/2021
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA CHIMICA
<b>INSEGNAMENTO</b>	ELECTROCHEMICAL ENERGY STORAGE AND CONVERSION
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	C
<b>AMBITO</b>	20911-Attività formative affini o integrative
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	20919
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-IND/23
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	SANTAMARIA MONICA Professore Ordinario Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	108
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	42
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	1
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	1° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>SANTAMARIA MONICA</b> Lunedì 13:00 14:00 Studio personale Edificio 6 secondo piano previa conferma per e-mail Mercoledì 12:30 14:00 Studio personale Edificio 6 secondo piano previa conferma per e-mail Venerdì 12:30 14:00 Studio personale Edificio 6 secondo piano previa conferma per e-mail

DOCENTE: Prof.ssa MONICA SANTAMARIA

<b>PREREQUISITI</b>	Conoscenze di chimica inorganica e di elettrochimica. Primo e secondo principio della termodinamica. Concetti di campo elettrico, corrente elettrica e leggi di Ohm.
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p>Conoscenza e capacita' di comprensione Lo studente al termine del Corso avra' conoscenza generali delle problematiche inerenti l'accumulo e la conversione di energia per via elettrochimica. Lo studente sara' in grado di comprendere aspetti teorici e tecnologici che caratterizzano il funzionamento di dispositivi quali batterie primarie e secondarie, celle a combustibile e supercondensatori. Inoltre, lo studente avra' conoscenze dettagliate sui materiali utilizzati per la fabbricazione dei dispositivi e sulle caratteristiche chimico-fisiche, che li rendono adatti per certe applicazioni.</p> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sara' in grado di utilizzare tecniche elettrochimiche (curve di polarizzazione, curve ciclovoltammetriche, misure di impedenza, ecc.) per valutare le prestazioni di un dispositivo; lo studente sara' in grado di stabilire quale dispositivo sia piu' adatto per una specifica applicazione sulla base delle caratteristiche elettriche richieste (potenza, tensione, ecc.).</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente sara' in grado di scegliere il dispositivo piu' adatto per una determinata applicazione in base alle sue caratteristiche tecniche ed in base a quelle richieste dall'utente. Sara, inoltre, in grado di scegliere gli strumenti piu' adatti che servono per caratterizzare la performance di un dispositivo. Per raggiungere questo obiettivo saranno predisposte delle esercitazioni scritte in cui lo studente sara' direttamente chiamato a scegliere fra diversi materiali quelli piu' adatti per realizzare un dispositivo con certi requisiti (tensione, potenza, costante di tempo, densita' di energia, ecc.), e di suggerire le prove piu' opportune per testare dispositivi gia' preparati.</p> <p>Abilita' comunicative Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni su tematiche inerenti la conversione dell'energia per via elettrochimica, e di evidenziare differenze ed analogie con gli altri metodi di conversione di energia. L'acquisizione della terminologia consona e della capacita' di utilizzarla con altri addetti ai lavori sara' curata in esercitazioni di laboratorio interattive, in cui gli studenti saranno chiamati a descrivere il funzionamento di dispositivi commerciali o di dispositivi da laboratorio proponendo tecniche di indagine e soluzioni per il miglioramento delle prestazioni.</p> <p>Capacita' d'apprendimento Lo studente avra' appreso alcuni concetti salienti dell'elettrochimica applicata, che non sono comuni con altri corsi erogati nell'ambito del suo corso di laurea e apprendera' come gestire problemi tecnici grazie ad esercitazioni che prevedono lunghe e mirate attivita' di laboratorio.</p>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p>La valutazione dello studente prevede una prova orale in cui vengono proposte delle domande a risposta aperta concentrate su due ambiti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- aspetti termodinamici e cinetici dei processi elettrochimici;</li><li>- principio di funzionamento e materiali dei dispositivi elettrochimici per l'accumulo e la conversione dell'energia (batterie, fuel cell, etc.).</li></ul> <p>Le domande saranno in parte quantitative ed in parte qualitative, e lo studente potra' avvalersi di strumenti che lo aiutino a rispondere in maniera corretta (manuali con dati termodinamici e cinetici). Infine, lo studente discuterà il funzionamento di un dispositivo a sua scelta. Lo studente dovrà dimostrare capacita' di elaborare le conoscenze fondamentali acquisite nel corso utilizzandole per superare i problemi pratici che gli vengono posti, e capacita' di esprimersi con un linguaggio tecnicamente corretto sui contenuti dell'insegnamento. In particolare, dovrà essere in grado di utilizzare le conoscenze degli aspetti termodinamici e cinetici delle reazioni elettrochimiche per progettare ed ottimizzare dispositivi per l'accumulo e la conversione di energia e per scegliere il dispositivo che in termini di potenza e tensione meglio assolve le richieste dell'utente.</p> <p>Il punteggio della prova d'esame e' attribuito mediante un voto espresso in trentesimi. Le domande a risposta aperta peseranno fino ad un massimo di 24/30, mentre i restanti 6/30 saranno attribuiti in base alla discussione sul dispositivo scelto. La verifica finale mira a valutare se lo studente abbia conoscenza e comprensione degli argomenti, abbia acquisito competenza interpretativa e autonomia di giudizio di casi concreti. La soglia della sufficienza sara' raggiunta quando lo studente mostri conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali (ovvero aspetti termodinamici e cinetici), e abbia competenze applicative minime in ordine alla risoluzione di casi concreti (scelta del dispositivo in base alla richiesta dell'utente, scelta dei materiali per aumentare l'efficienza, scelta delle tecniche di indagine piu' adatte per</p>

	caratterizzare il funzionamento del dispositivo, etc.). E' indispensabile che lo studente abbia capacita' espositive e argomentative tali da consentire la trasmissione delle sue conoscenze alla commissione esaminatrice sugli aspetti principali del corso. Al di sotto di tale soglia, l'esame risultera' insufficiente. Quanto piu, invece, l'esaminando con le sue capacita' argomentative ed espositive riesce a interagire con la commissione, e quanto piu' le sue conoscenze e capacita' applicative vanno nel dettaglio (anche quantitativo) della disciplina oggetto di verifica, tanto piu' la valutazione sara' positiva.
<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	La prima parte del corso si prefigge di studiare gli aspetti teorici e tecnologici della conversione e dell'accumulo di energia per via elettrochimica, e di fornire le conoscenze sulle tecniche elettrochimiche di indagine per lo studio della performance dei dispositivi. La seconda parte del corso si propone di descrivere i vari tipi di dispositivi attraverso cui e' possibile realizzare questi processi mettendo di volta in volta in evidenza la relazione tra i materiali scelti per realizzare i dispositivi e i processi elettrochimici al loro interno, e la prestazione elettrica.
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Sono previste lezioni frontali, esercitazioni numeriche ed esercitazioni in laboratorio.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	Modern Electrochemistry 2B, 2nd edition J. O'M. Bockris e A.K.N. Reddy Kluwer Academic/Plenum Publishers NY (2000). Electrochemical Methods 2nd edition, A.J. Bard and L.R. Faulkner; John Wiley and Sons, INC. (2001). Modern Batteries - An Introduction Electrochemical to Power Sources, C A Vincent, B Scrosati, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1997 Electrochemical Supercapacitors, B.E. Conway, Kluwer Academic/Plenum Publishers NY (1999). Verranno segnalati recenti articoli scientifici sugli argomenti trattati e fornite delle dispense.

## PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Introduzione al corso. Energetica delle catene galvaniche. Soluzioni elettrolitiche. Solventi acquosi e non acquosi.
4	Aspetti fondamentali della cinetica dei processi elettrochimici: studio del controllo cinetico per trasferimento di carica e per trasferimento di massa. Curve di scarica.
2	Processi faradici e processi non faradici. Doppio strato elettrodo /elettrolita. Modelli di Helmolz e di Gouy-Chapman.
2	Spettroscopia ad Impedenza Elettrochimica: principi ed applicazioni per la caratterizzazione di dispositivi elettrochimici per la conversione e l'accumulo di energia. Diagrammi di Bode e di Nyquist e vari circuiti.
1	Accumulo di energia elettrochimica: introduzione ed aspetti fondamentali. Aspetti elettrochimici di base di sistemi di accumulo e/o conversione dell'energia. Stato presente della tecnologia dei suddetti sistemi per diverse applicazioni nel campo del portatile (elettronica di consumo e dispositivi biomedicali), del trasporto (veicoli elettrici ed ibridi) e dello stazionario (impianti eolici e fotovoltaici sia collegati alla rete che isolati).
4	Batterie primarie (o pile): celle convenzionali (Pile Leclanche, pile alcaline al biossido di manganese e zinco, all'ossido di mercurio, zinco -ossido di argento, zinco aria), batterie al litio, batterie "Reserve", batterie termiche e ad acqua di mare.
4	Batterie secondarie (o accumulatori): accumulatori piombo - acido, nickel - cadmio, argento- zinco, zinco - aria, alluminio - aria, nickel - metallo idruro, al litio. ZEBRA. Redox flow battery.
1	Sviluppo di processi per la produzione di idrogeno, sia da fonti rinnovabili (cicli termochimici alimentati da energia solare, gassificazione delle biomasse, processi biologici), che da combustibili fossili (metano, GPL); studi di materiali e processi per l'accumulo dell'idrogeno.
8	Fuel Cell: vantaggi e svantaggi dell'uso delle Fuel Cell rispetto ad altri metodi di conversione di energia. Classificazione delle Fuel Cell e loro funzionamento: aspetti termodinamici e cinetici delle reazioni di elettrodo, elettrocatalisi, elettrodi porosi a diffusione di gas, separatori, aspetti tecnologici, applicazioni e performance. Fuel cell alcalina. Fuel cell ad acido fosforico. Fuel cell ad elettrolita polimerico. Fuel cell a metanolo diretto. Fuel cell a carbonati fusi. Fuel cell ad ossidi solidi.
4	Condensatori elettrochimici e supercapacitori. Supercapacitori ibridi. Condensatori elettrolitici.
1	Disamina di tutti i dispositi e Ragone plot.
ORE	Esercitazioni
1	Attivita' di laboratorio e svolgimento di esercizi numerici su aspetti termodinamici delle catene galvaniche. Discussione interattiva.
1	Elettrodi di riferimento. Misure di potenziali di elettrodo. Misure di tensione di circuito aperto. Costruzione della pila Daniell.
1	Svolgimento di esercizi numerici su aspetti cinetici delle catene galvaniche. Calcolo della Tafel slope e della densita' di corrente di scambio. Calcolo della resistenza al trasfremento di carica e della corrente limite di diffusione. Discussione interattiva.

<b>ORE</b>	<b>Esercitazioni</b>
1	Controlli cinetici durante la reazione di ossido riduzione della coppia redox $K_4Fe(CN)_6 - K_3Fe(CN)_6$ . Sviluppo di $H_2$ su Pt e Pb. Riduzione di $O_2$ .
1	Misure di impedenza su bread board. Misure di impedenza in studi di cinetica. Warburg. Levich plot con elettrodo rotante.
2	Preparazione e test elettrochimici su assemblaggi per fuel cell a bassa temperatura con elettrolita polimerico ad $H_2$ e a metanolo diretto. Discussione interattiva.