



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



Bollettino Notiziario - A.A. 2024/2025

## LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE (ORD. 2015)

### Curriculum: Corsi comuni

#### ANALYTICAL CHEMISTRY OF INDUSTRIAL PROCESSES

**Titolare:** Prof. MARCO FRASCONI

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Il corso prevede conoscenze di chimica analitica strumentale: spettroscopia di assorbimento molecolare UV-Vis e infrarosso, metodi analitici elettrochimici (potenziometria e voltammetria), gas-cromatografia e cromatografia liquida ad alte prestazioni.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso intende avvicinare gli studenti ai principi e alle applicazioni della Chimica Analitica di Processo (PAC), illustrando i metodi analitici impiegabili per ottenere informazioni qualitative e quantitative proprie dei processi chimici industriali, con finalità di controllo e di ottimizzazione delle prestazioni. Il contenuto del corso copre i metodi di analisi di processi industriali, inclusi i sistemi di campionamento, analizzatori in tempo reale e l'analisi dei dati con strategie di controllo di processo. Particolare attenzione è rivolta all'automazione di processi e sistemi analitici, basati su tecniche spettroscopiche, cromatografiche ed elettrochimiche, applicabili per la caratterizzazione in tempo reale del processo di produzione.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Le attività prevedono lezioni d'aula dove vengono affrontati i contenuti del corso con esemplificazione di alcuni dettagli strumentali e dimostrazioni del funzionamento di alcune strumentazioni.

**Contenuti:**

1) Introduzione alla Chimica Analitica di Processo. Metodi di misura non invasivi; misure off-line, at-line, on-line e in-line. 2) Campionamento nell'analisi chimica. Strategie di campionamento e di trattamento del campione. Significato di campione rappresentativo e omogeneo: fonti di incertezza. Progettazione di sistemi di campionamento per l'analisi di processo. 3) Validazione dei metodi analitici in-line e on-line. 4) Sensori chimici. Progettazione e sviluppo di sensori per analisi in-line. 5) Sensori elettrochimici. Potenzimetria ed elettrodi a membrana. Transistor ad effetto di campo ionoselettivi (ISFET). Sensori per gas a base di ossidi semiconduttori per il monitoraggio dell'ossigeno. Sensori e biosensori amperometrici. 6) Sensori ottici. Fibre ottiche. Sviluppo di sensori ottici selettivi. 7) Metodi automatizzati d'analisi. Principi dell'analisi in flusso ed esempi di applicazioni. 8) Progettazione e sviluppo di sensori per il monitoraggio e controllo di bioprocessi in continuo con esempi di applicazioni nel campo della produzione di biocombustibili e biofarmaci. 9) Tecniche cromatografiche on-line. Gas cromatografia e cromatografia liquida di processo. Cromatografia bidimensionale. Applicazioni della gas-cromatografia nell'analisi di processo nell'industria petrolchimica. Cromatografia liquida on-line per la caratterizzazione di proteine in un bioprocesso continuo. 10) Spettroscopia infrarosso e Raman per applicazioni analitiche di processo. Progettazione strumentale e interfacce di campionamento. Applicazioni della spettroscopia infrarossa e Raman nel settore farmaceutico.

**Modalità di esame:**

L'esame consiste in un breve saggio scritto, su un argomento scelto dallo studente nell'ambito della chimica analitica di processo, e un esame orale con presentazione e discussione del saggio seguito da due domande sui temi principali del corso. Il voto terrà conto degli esiti del saggio scritto e del colloquio.

**Criteri di valutazione:**

Livello di comprensione dei principi strumentali e capacità di descrivere i metodi analitici applicati nell'analisi di processo. Conoscenza della terminologia tecnico-scientifica propria della materia.

**Testi di riferimento:**

Bakeev, Katherine A., Process analytical technology [electronic resource] : spectroscopic tools and implementation strategies for the chemical and pharmaceutical industries / edited by Katherine A. Bakeev.. Chichester, West Sussex: Wiley, 2010 Skoog, Douglas A., Principles of instrumental analysis. Fort Worth etc.!: Saunders College publishing, 1992

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il materiale didattico è costituito principalmente delle copie delle diapositive, dagli appunti di lezione e da articoli scientifici. Tutto il materiale didattico presentato durante le lezioni frontali è reso disponibile sulla piattaforma moodle.

**BIOPOLYMERS**

**Titolare:** Prof. EDMONDO MARIA BENETTI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Nessuno in più rispetto ai requisiti di ammissione al Corso di Laurea Magistrale.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso introduce argomenti attinenti alla chimica dei polimeri sostenibile e all'applicazione di macromolecole sintetiche per lo sviluppo di materiali per l'energia e la salute.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni d'aula.

**Contenuti:**

- Introduzione alla "Green Polymer Chemistry"; - Polimeri Sostenibili e Loro Applicazioni: Poliesteri Biodegradabili da Polimerizzazioni ad Apertura d'Anello; - Processi Controllati per la Sintesi di Plastiche Biodegradabili; - Polimeri da Fonti Rinnovabili; - Processi di Depolimerizzazione; - Polimeri all'Interfaccia con Ambienti Biologici; - Biomateriali Polimerici.

**Modalità di esame:**

Esame scritto.

**Criteri di valutazione:**

Sarà valutata l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità relative ai contenuti descritti.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense, appunti di lezione.

**CHIMICA ANALITICA E AMBIENTE**

**Titolare:** Prof. ANDREA TAPPARO

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Chimica (Ord. 2018)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Per la frequenza al corso, nonché per la preparazione dell'esame, fondamentali risulteranno le conoscenze di Chimica Analitica 1 e Chimica Analitica 2. In pratica, l'intero contenuto dei corsi di Chimica Analitica offerto nella Laurea Triennale in Chimica o Chimica Industriale costituisce prerequisito.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

A partire dalle principali norme comunitarie e nazionali in materia ambientale, il corso introduce gli studenti alle principali tecniche e metodiche di campionamento ed analisi impiegate nello studio dei processi e delle matrici ambientali, con particolare attenzione alle problematiche legate all'inquinamento atmosferico. In particolare il corso prevede: - Introduzione alle problematiche e ai processi ambientali - Fenomeni ed effetti locali e/o globali - Elementi di legislazione EU e IT di pertinenza ambientale - Tecniche e Metodologie di analisi di matrici ambientali - Analisi di particelle - Elementi di valutazione del rischio

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni d'aula, esemplificazione di alcuni dettagli strumentali, dimostrazioni del funzionamento di alcune strumentazioni. Alcuni tipi di misurazioni ambientali verranno presentate con esempi reali e casi studio. Alcune strumentazioni portatili verranno portate ed utilizzate in aula.

**Contenuti:**

Il corso (48 ore di lezione, 6 CFU) si caratterizza per una serie di argomenti tutti inerenti la qualità dell'aria e la contaminazione atmosferica. Questa è trattata sia in ottica locale (è il caso del PM) che globale (effetto serra): - l'atmosfera, struttura e proprietà; - la chimica della stratosfera e la riduzione dello strato di ozono; - la chimica della troposfera e l'inquinamento atmosferico; - la rete di monitoraggio della qualità dell'aria; - gli analizzatori automatici per la misura dell'inquinamento atmosferico; - l'origine, le proprietà e le tecniche di misura del particolato atmosferico; - gli analizzatori automatici di particelle; - i cicli biogeochimici, con particolare riferimento al ciclo del carbonio; - le conseguenze ambientali della produzione di energia, con particolare riferimento all'effetto dei gas-serra sul cambiamento climatico in atto; - i protocolli internazionali (Kyoto e Montreal); - l'inquinamento in ambiente industriale e la tutela della salute dei lavoratori (TLV); - esempi di tecniche di monitoraggio ambientale.

**Modalità di esame:**

La prova d'esame avverrà in modalità orale. Tipicamente verranno formulate 3 domande sugli argomenti trattati nel corso, di cui almeno una riguardante gli aspetti analitico-strumentali. Lo studente, nei casi previsti (disabilità, difficoltà con la lingua italiana), potrà richiedere di sostenere l'esame in forma scritta o in

inglese.

**Criteria di valutazione:**

Livello di comprensione dei principi chimico-fisici alla base dei fenomeni ambientali studiati. Conoscenza dei principi e dei dettagli strumentali delle strumentazioni illustrate nel corso. Conoscenza della terminologia tecnico-scientifica propria della materia. Capacità di utilizzo dei principi e concetti appresi nel corso alle situazioni di reale contaminazione ambientale.

**Testi di riferimento:**

A. Baird, M. Cann, Chimica ambientale, 3a Ed. italiana. : Zanichelli, 2013 S.E. Manahan, Chimica dell'ambiente. : Piccin, 2000

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Appunti di lezione. Materiale didattico fornito dal docente o disponibile presso il moodle del corso: <https://stem.elearning.unipd.it/course/view.php?id=8615>

## CHIMICA DEI PROCESSI CATALICI

**Titolare:** Prof. MARCO ZECCA

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso introduce i principi e alcune applicazioni della catalisi industriale, con particolare riferimento ai catalizzatori omogenei a base di composti metallorganici dei metalli di transizione e di quelli eterogenei in condizioni gas-solido. Per i primi l'attenzione sarà rivolta alle relazioni fra struttura molecolare e prestazione catalitica e per i secondi alla loro costituzione, ai principali parametri morfologici e chimico-fisici da cui dipende la prestazione catalitica, ai problemi di stabilità in condizioni di processo, ai possibili effetti del trasporto di massa. Al termine del corso gli studenti dovrebbero saper riconoscere i tipi di catalizzatori utili per alcune classi di reazioni, come essi attivano i reagenti ed evolvono durante il processo catalitico, come possano controllare la regio- e stereo-chimica delle reazioni, come vengano preservate o ripristinate le loro attività e selettività. Data la stretta relazione fra la prestazione del catalizzatore nelle applicazioni industriali e il disegno del reattore vengono introdotti anche alcuni rudimenti di reattoristica.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso verrà svolto mediante lezioni frontali in presenza (48 ore, in italiano), con proiezione di diapositive. Si raccomanda comunque agli studenti di raccogliere appunti personali di lezione. Le lezioni non verranno registrate.

**Contenuti:**

Parte 1 (4 CFU) • Definizione di catalizzatore; il concetto di controllo cinetico; il concetto di sito attivo; il ciclo catalitico; turn-over number; turn-over frequency; attività e selettività catalitiche; funzionalità; efficienza atomica. • Le reazioni catalitiche omogenee ed eterogenee: meccanismi ideali; grado di ricoprimento in catalisi eterogenea; derivazione delle leggi cinetiche; ipotesi di quasi-equilibrio; variabilità dell'ordine di reazione e relazione con l'energia di attivazione apparente. • Limitazioni diffusive alla velocità dei processi catalitici eterogenei: efficienza catalitica; modulo di Thiele. • Catalisi omogenea acido-base: catalisi acida e basica specifiche e generali; reazioni di idrolisi, condensazione e alchilazione. • Principi di chimica metallorganica applicata dei metalli di transizione: donazione- $\pi$  e retrodonazione- $\pi$ ; legame metallo-CO e metallo-alchene; la regola dei 16-18 elettroni; leganti tipici. • Coordinazione e dissociazione di leganti; addizione ossidativa, eliminazione riduttiva; inserzione migratoria,  $\pi$ - $\pi$  e  $\pi$ - $\pi$  eliminazione. • Idroformilazione degli alcheni. • Carbonilazione del metanolo ad acido acetico: processi Monsanto e Cativa. • Polimerizzazione stereospecifica di alcheni con catalizzatori "single-site" e Ziegler-Natta. • Costituzione dei catalizzatori eterogenei non supportati e supportati: componenti tipici; ruolo del supporto; metodi di preparazione. • Fisisorbimento e chemisorbimento; modelli di adsorbimento all'equilibrio (Langmuir, BET); isoterme reali; metodo BET per la misura dell'area superficiale di solidi; "temperature programmed desorption". • Area superficiale dei solidi e sue relazioni con le dimensioni caratteristiche dei costituenti dei catalizzatori eterogenei (diametro delle particelle, diametro dei pori, volume dei pori); rugosità, porosità e tortuosità; determinazione delle dimensioni dei pori (diametro, volume). • Energia superficiale dei solidi e attività catalitica; frazione esposta del componente attivo e sua relazione con l'attività catalitica; struttura del reticolo cristallino e della superficie dei metalli; il modello "broken-bond" per l'energia superficiale; costruzione di Wulff; difetti superficiali; siti superficiali. • Vita utile dei catalizzatori eterogenei. • Meccanismo di sintesi industriale dell'ammoniaca; "structure sensitivity"; promotori elettronici. • Teoria delle bande e chemisorbimento sulla superficie dei metalli; principio di Sabatier; diagrammi a vulcano. • Meccanismo dell'ossidazione di CO e della riduzione di NO<sub>x</sub>; ricostruzione della superficie attiva nella ossidazione di CO. • Chemisorbimento su ossidi semiconduttori e isolanti. • Solidi acidi: punto isoelettrico; funzione di acidità di Hammett; superacidità; struttura dei siti acidi e loro forza in solidi tipici; distinzione fra siti acidi di Brønsted-Lowry e di Lewis; attivazione di alcani e alcheni; ioni carbonio e carbenio. • Zeoliti: sintesi; proprietà e usi commerciali; microporosità e selettività di forma; cracking catalitico a letto fluidizzato; alchilazioni. • Catalisi bifunzionale: reforming catalitico; "selective catalytic reduction". Parte 2 (Laura Calvillo Lamana, 2 CFU) • Introduzione ai reattori chimici, tipi e classificazione dei reattori chimici, reattori ideali (BSTR, CSTR e PFR), disegno di reattori ideali (equazioni di disegno), reattori industriali.

**Modalità di esame:**

Esame orale

**Criteria di valutazione:**

Gli elementi considerati nella valutazione del colloquio orale sono i seguenti: 1) capacità e prontezza di inquadramento degli argomenti in discussione; 2) capacità di sviluppare gli argomenti in discussione in modo autonomo; 3) sicurezza nell'esposizione; 4) livello di dettaglio raggiunto nell'illustrazione degli argomenti in discussione; 5) capacità di collegamento logico fra concetti e argomenti diversi, anche secondo schemi non necessariamente messi in evidenza durante le lezioni; 6) uso appropriato del linguaggio, di concetti teorici e modelli.

**Testi di riferimento:**

AA.VV. (U. Hanefeld, L. Lefferts Editors), Catalysis: An Integrated Textbook for Students. Weinheim (D): Wiley-VCH, 2017

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

1) "Chimica di coordinazione. Dalla teoria alla pratica" di Francesco Neve; editore Piccin, Padova, 2013: testo in italiano suggerito per un ripasso della chimica di coordinazione dei metalli di transizione, utile per avvicinarsi più facilmente alla catalisi metallorganica omogenea. 2) "Fondamenti di Chimica Industriale", a cura di Fabrizio Cavani; editore Zanichelli, Bologna, 2022: testo in italiano suggerito per una panoramica più ampia sulla catalisi nel contesto industriale; il capitolo 2.1 è il più pertinente al programma. 3) Le diapositive proiettate durante le lezioni saranno scaricabili dalla piattaforma di insegnamento a distanza ("moodle") del Dipartimento di Scienze Chimiche. L'uso delle diapositive è consentito esclusivamente agli studenti e alle studentesse e al solo scopo del loro studio individuale per la preparazione dell'esame. La condivisione, la distribuzione e la copia, anche parziali, delle diapositive, tanto con strumenti materiali che digitali, sono rigorosamente vietate.

## CHIMICA ED ENERGIA

**Titolare:** Prof. LORENZO FRANCO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+10E; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze di termodinamica chimica: termochimica, elettrochimica di equilibrio.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di fornire agli studenti i concetti di base sulle tecnologie attuali dei processi chimici ed elettrochimici di conversione e immagazzinamento dell'energia. Saranno esaminati i principi termodinamici e le soluzioni tecnologiche nei dispositivi di conversione e di accumulo termofoto- ed elettro-chimico dell'energia. Al termine del corso lo studente dovrebbe essere in grado di conoscere i principi, le applicazioni, i limiti e le prospettive di sviluppo delle attuali e future tecnologie chimiche in ambito energetico.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali con utilizzo di diapositive ed eventuali supporti multimediali o web.

**Contenuti:**

• L'energia e le sue varie forme. Fonti energetiche fossili e rinnovabili: panoramica generale. • Combustibili fossili: fonti, composizione, utilizzo e resa energetica del gas, petrolio, carbone. • Combustibili da fonti rinnovabili: idrogeno, metanolo, biocarburanti. Sistemi di produzione, conversione e accumulo. • Fotoconversione chimica e sistemi fotovoltaici. Principi, materiali e meccanismi di funzionamento delle celle solari basate su silicio, DSSC, celle a perovskite, celle organiche e polimeriche. Metodi di produzione e caratterizzazione di materiali e dispositivi fotovoltaici. • Interfacce e processi elettrochimici in sistemi di conversione ed accumulo elettrochimico: celle a combustibile (PEMFC, AEMFC, DMFC, SOFC), accumulatori (Litio & beyond, Ni-MH, Pb Acido, metallo aria e redox flow), supercapacitori. Principi di funzionamento, tipologie di materiali e loro caratterizzazione e tecnologie di produzione dei dispositivi. • Criticità e sostenibilità dei processi e dei materiali per la conversione e l'accumulo di energia chimica. Recupero e riciclo di elementi critici

**Modalità di esame:**

Esame orale al termine del corso.

**Criteri di valutazione:**

Sarà valutata la conoscenza e comprensione degli argomenti presentati nel corso e la capacità di applicare i metodi e i concetti studiati a casi studio di esempio.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il materiale didattico del corso si compone di lucidi di lezione, dispense o altro, messo a disposizione degli studenti nella piattaforma Moodle.

## CHIMICA INDUSTRIALE MACROMOLECOLARE

**Titolare:** Prof.ssa CARLA MAREGA

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A+36L; 9,00

**Prerequisiti:**

Preparazione di base di Chimica organica

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso vuole fornire allo studente le nozioni fondamentali sulla scienza dei polimeri e sullo studio delle loro proprietà. Saranno trattati in particolare i metodi utilizzati per la caratterizzazione dei materiali polimerici e le loro proprietà meccaniche e reologiche, venendo a contatto in laboratorio con gli aspetti metodologici relativi alle principali analisi di polimeri d'interesse industriale.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

L'insegnamento si svolge mediante lezioni frontali in aula nelle quali viene fatto uso di slide che sono messe a disposizione dal docente. Sono previste esercitazioni di laboratorio per venire a contatto con gli aspetti metodologici relativi alle principali analisi di polimeri d'interesse industriale.

**Contenuti:**

Parte A (5 CFU) Introduzione alla Polymer Science. Generalità sulle soluzioni e frazionamento. Metodi di determinazione dei pesi molecolari medi: osmometria, light scattering, viscosimetria, GPC. Tecniche spettroscopiche UV-Visibile, IR, NMR. Polimeri amorfi. Polimeri e cristallinità. Elastomeri e fibre. Analisi termica (DSC, TGA, DTA) Diffrazione dei raggi X ad alto e basso angolo. Microscopia ottica ed elettronica. Elementi di viscoelasticità lineare. Reologia e reometria. Proprietà meccaniche e loro misura. Parte B (4 CFU) Polimerizzazioni Identificazione di polimeri Determinazione dell'indice di isotatticità del polipropilene Analisi termica: fusione e cristallizzazione, percentuale di cristallinità, transizione vetrosa. Spettroscopia IR: riconoscimento di alcuni polimeri di sintesi. Misura delle proprietà meccaniche di un polimero. Estrusione di un formulato polimerico. Stampa in 3D.

**Modalità di esame:**

Orale

**Criteria di valutazione:**

Gli studenti dovranno dimostrare di aver acquisito le conoscenze relative ai contenuti dell'insegnamento e la capacità di discutere gli argomenti proposti durante l'esame

**Testi di riferimento:**

D. Campbell, J. R. White, Polymer Characterization. : Chapman & Hall, 1991 L. H. Sperling, Introduction to physical polymer science". : Wiley Interscience, , Fondamenti di scienza dei polimeri. : AIM-Pacini editore, 1998

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Le slides usate a lezione verranno fornite dal docente

**CHIMICA ORGANICA APPLICATA 2**

**Titolare:** Prof. ALESSANDRO MORETTO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Chimica organica 1-3, in particolare le reazioni ioniche di formazione del legame C-C, le reazioni di sostituzione elettrofila aromatica, le reazioni di riduzione ed ossidazione dei derivati carbonilici

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si divide in due parti. Nella prima si propone di dare allo studente gli strumenti per applicare la chimica organica già studiata alla sintesi di molecole organiche anche di una certa complessità. Molte delle strategie sintetiche utilizzate si baseranno sulle reazioni dei carbanioni. Verranno poi introdotte nella seconda parte nuove metodiche principalmente basate sulle reazioni pericicliche e processi catalitici di formazione del legame C-C e di ossidazione dei doppi legami. Queste nuove metodologie verranno quindi applicate alla sintesi.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Esercizi in aula e a cura dello studente. Tutto il materiale discusso in aula è a disposizione dello studente nella piattaforma Moodle dedicata

**Contenuti:**

1. Progettazione di una sintesi organica; analisi retrosintetica; trasformazione dei gruppi funzionali. Vie di disconnessione delle molecole organiche (disconnessione di uno e di due gruppi funzionali), equivalenti sintetici (sintoni), analisi retrosintetica in funzione del target molecolare, gruppi protettori. 2. Trasformazione mediante processi catalitici di gruppi funzionali. Formazione metallo catalizzata del legame carbonio-carbonio. Processi ossidativi catalitici. Processi catalitici stereoselettivi. Applicazioni alla sintesi organica avanzata (parte II).

**Modalità di esame:**

Due test scritti: nel primo viene chiesta sintesi e retrosintesi di tre molecole organiche mentre nel secondo saranno formulate domande teoriche come pure retrosintesi e sintesi legate alle metodiche studiate

**Criteria di valutazione:**

La media del punteggio acquisito nei test

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense ed appunti di lezione, poiché non esiste un unico testo che comprenda la varietà dei temi trattati. Testi di consultazione: I. March, "Advanced Organic Chemistry", McGraw-Hill.

**CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE**

**Titolare:** Dott. CRISTIAN PEZZATO

**Periodo:** I anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A+36L; 9,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**  
CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**  
CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**  
CONTENUTO NON PRESENTE

## CHIMICA VERDE E SOSTENIBILE

**Titolare:** Prof. TOMMASO CAROFIGLIO

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Chimica (Ord. 2018)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**  
Conoscenze di chimica organica, sintesi e catalisi nei loro aspetti teorici ed applicativi.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base e gli strumenti necessari per un approccio razionale e mirato per la comprensione e sviluppo di processi e trasformazioni in chimica organica nell'ambito dei dettami chimica verde e sostenibile. In particolare, verranno illustrati concetti base della chimica verde e sostenibile e verrà mostrato come possano essere utilizzati efficacemente nella sintesi e trasformazione di molecole organiche. Verranno illustrate alcune delle applicazioni della Green Chemistry in chimica organica, come la valorizzazione delle biomasse, l'utilizzo di processi catalitici e solventi green o alternativi, la chimica in flusso per l'intensificazione di processo e alcune tecnologie innovative. Il corso permetterà allo studente di acquisire le seguenti conoscenze di base: - metriche che permettono di misurare l'efficienza chimica e la sostenibilità di un processo chimico. - come valutare l'utilizzo di solventi sicuri e sostenibili. - come ottenere chemicals e carburanti da materiale rinnovabile e di scarto. - come valutare quali metodologie o tecniche utilizzare per ridurre o minimizzare l'impatto ambientale per la produzione di molecole di larga produzione (catalisi, intensificazione di processo, etc) Le principali abilità (cioè la capacità di applicare le conoscenze acquisite) saranno: -Essere in grado di comprendere il potenziale campo di applicazione dei principi della "Green and Sustainable Chemistry". -Essere in grado di valutare i diversi fattori che portano allo sviluppo di un processo più green e sostenibile. -Essere in grado di applicare le metriche per misurare l'impatto ambientale di un processo chimico -Essere in grado di progettare una sintesi organica secondo i dettami della chimica verde e sostenibile

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso si compone di lezioni frontali anche con attività di active learning, seminari di docenti/ricercatori attivi nel campo ed eventualmente visite ad aziende del territorio. Tutte queste attività sono volte all'acquisizione di concetti fondamentali che riguardano la chimica verde e sostenibile e la sua applicazione in ricerca di base e applicata.

**Contenuti:**

Principi e Concetti in Green Chemistry. Metriche, Atom Economy, Efficienza e ottimizzazione di processo. Scarti: produzione, problematiche e prevenzione. Tecnologie green innovative: processi in flusso continuo. Intensificazione di processo. Microonde, Sonochimica, Meccanochimica, Fotochimica. Solventi Green: definizione, caratteristiche, ottenimento e usi, GSK's solvent selection guide. Solventi alternativi: CO<sub>2</sub> supercritica, Liquidi ionici e miscele eutettiche, descrizione e applicazioni. Reagenti alternativi: dimetil carbonato, CO<sub>2</sub>. Utilizzo di materia prima rinnovabile e sostenibile. Platform molecules. Derivati degli zuccheri e dei polisaccaridi. Biomassa lignocellulosica. Valorizzazione di scarti industriali ed agricoli. Esempi dell'applicazione dei principi della chimica verde nell'ambito della ricerca accademica e dei processi industriali (con interventi di speakers esterni industriali e accademici).

**Modalità di esame:**

Esame scritto/orale (con domande aperte sui contenuti di base del corso) con eventuale integrazione orale (presentazione e discussione di un lavoro di letteratura recente sulle tematiche affrontate nel corso scelto all'interno di una serie lavori proposti dai docenti).

**Criteri di valutazione:**

La valutazione si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti e acquisizione dei concetti e tecnologie trattate durante il corso. Sarà verificata anche la capacità di applicare tali concetti e tecnologie nella comprensione e esposizione di un lavoro di letteratura attinente ai contenuti del corso, oltre che alla chiarezza e correttezza della presentazione che verrà fatta utilizzando una presentazione PowerPoint.

**Testi di riferimento:**

Pietro Tundo, Alvisè Perosa, Fulvio Zecchini, Methods and reagents for green chemistry. : Wiley, 2007 M. Lancaster, Green Chemistry: An innovative technology. : Royal Chemical Society, 2016

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Materiale didattico sul sito e-learning del Dipartimento (Moodle DISC) Copie diapositive di lezione, Articoli e reviews di letteratura.

## ENGLISH LANGUAGE B2 (PRODUCTIVE SKILLS)

**Titolare:** Prof. FERNANDO FORMAGGIO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 3,00

## MATERIALI E NANOSISTEMI INORGANICI

**Titolare:** Prof.ssa CHIARA MACCATO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

E' indispensabile la conoscenza della Chimica generale ed inorganica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Al termine del corso lo studente ci si attende che lo studente sia in grado di integrare la sua conoscenza delle discipline chimiche di base per avere una panoramica completa dei materiali inorganici in relazione alla loro composizione chimica, alla loro struttura e alle caratteristiche di impiego. Competenze: Alla fine del percorso di studio lo studente acquisirà: - Capacità di valutazione di approcci multidisciplinari alle fasi di progettazione, realizzazione, caratterizzazione e applicazione di materiali inorganici nanostrutturati/bulk; - Capacità di selezione di tecniche appropriate per la determinazione e la valutazione delle proprietà chimico-fisiche dei materiali preparati; - Nozioni atte a consentirgli di valutare e scegliere un materiale in base alle sue caratteristiche chimico-fisiche per le applicazioni desiderate. - Conoscenze che gli permettano di valutare quali procedure attuare sui materiali per modificare la struttura, composizione e morfologia al fine di migliorarne le proprietà e prestazioni in alcuni ambiti applicativi

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni di aula con presentazioni Powerpoint

**Contenuti:**

• Introduzione su materiali e nanosistemi inorganici. • Descrizione dei solidi ideali • La struttura dei cristalli. Il reticolo di traslazione. La cella elementare. Elementi di simmetria. I reticoli di Bravais. Gruppi puntuali e gruppi spaziali. Piani e direzioni nei cristalli. Indici di Miller. • Classificazione dei solidi sulla base del tipo di legame chimico (cristallini, amorfi, polimerici e nanostrutturati). Natura e ruolo dei difetti nei solidi reali. • Conduttori, semiconduttori e isolanti. Drogaggio. Diodi e giunzioni p-n. • Principali caratteristiche chimiche e fisiche dei nanomateriali ed effetti di confinamento quantico. • Cenni di termodinamica delle interfasi. Processi di nucleazione e crescita. • Materiali e superfici. Materiali porosi (mesoporosi, zeoliti, aerogel). • Sintesi da fuso e da soluzione. Sintesi in microemulsione. Processi idrotermali e solvo termali • Materiali porosi: materiali micro, meso e macroporosi. Materiali a porosità ordinata. Materiali micro e nano porosi. Materiali porosi ibridi organico-inorganici. Metal organic frameworks (MOFs) • Processi di sintesi innovativi: processi da soluzione (tecniche da fase liquida con agenti capping, microemulsions, sol-gel, idrotermale), processi da fase vapore (vapore-solido, plasma assisted CVD, Atomic Layer Deposition, Thermal CVD, PVD, MBE, Sputtering, Magnetron-Sputtering, Laser Ablation). • Materiali inorganici a bassa dimensionalità: Materiali 1D e 2D. Composti a catena. Nanofili, nanotubi e nanorods. Composti lamellari. • Materiali compositi: inorganici e ibridi organico-inorganici • Principali tecniche di caratterizzazione complementari per lo studio dei materiali (XRD, XPS-UPS, SIMS, SEM, TEM, EDXS, AFM, STM). • Correlazioni tra composizione, struttura, morfologia e funzionalità. • Applicazioni in ambito catalitico e fotocatalitico, sensoristico, foto-elettrochimico di varie tipologie di materiali inorganici.

**Modalità di esame:**

Il corso prevede un esame orale che consiste in una discussione di circa trenta minuti sugli argomenti trattati nel corso. Il primo argomento della discussione è scelto dallo studente. La prova ha lo scopo di valutare sia la conoscenza degli argomenti del programma, sia la capacità di esposizione e di elaborazione delle conoscenze acquisite.

**Testi di riferimento:**

C. Maccato, D. Barreca, Tailored Functional Oxide Nanomaterials. Weinheim, Germany: Wiley, 2022 U. Schubert, N. Husing, Synthesis of Inorganic Materials. : 4th Edition, Ed. Wiley-VCH,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense e file delle presentazioni

## METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA

**Titolare:** Prof.ssa ESTER MAROTTA

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Buone conoscenze di chimica organica e concetti base di spettroscopia NMR e spettrometria di massa.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Procedure avanzate di NMR e spettrometria di massa e loro applicazioni.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali in aula, in cui i contenuti vengono esposti e applicati nella soluzione di problemi e/o esercizi.

**Contenuti:**

- Risonanza Magnetica Nucleare: Proprietà magnetiche dei nuclei. Principi operativi e strumentazione. Tecnica ad impulsi con trasformata di Fourier. Parametri di acquisizione. Rilassamento. Equivalenza chimica ed equivalenza magnetica. Spettri del primo ordine e di ordine superiore. Diastereotopismo. Spettroscopia <sup>13</sup>C-NMR. Effetto Nucleare Overhauser. Tecniche di spettroscopia NMR di correlazione omo e eteronucleare con riferimento alle sequenze di impulsi. - Spettrometria di massa: Sommario dei principi di base. Ionizzazione chimica, ionizzazione a pressione atmosferica (ESI, APCI, APPI), ionizzazione con fasci laser (MALDI e AP-MALDI), spettrometria di massa ambiente (DESI-MS and DART-MS). Sommario degli analizzatori con esempi di applicazioni. Spettrometria di massa tandem (CID, UVPD, IRMPD, ECD, ETD). Accoppiamento di tecniche di mobilità ionica con spettrometria di massa. Applicazione delle tecniche di spettrometria di massa in proteomica, in metabolomica, nell'analisi di complessi non covalenti.

**Modalità di esame:**

Esame scritto comprensivo di domande a risposta multipla, domande aperte ed esercizi.

**Criteri di valutazione:**

La valutazione è basata sulla comprensione degli argomenti proposti, sull'abilità di applicarli all'identificazione di sostanze incognite e sull'abilità di selezionare la tecnica più adatta per la caratterizzazione di molecole e macromolecole organiche.

**Testi di riferimento:**

T. D. W. Claridge, High-Resolution NMR Techniques in Organic Chemistry. : Elsevier, H. Günther, NMR Spectroscopy. : , R. M. Silverstein, F. X. Webster, D. J. Kiemle, D. L. Bryce, Identificazione Spettroscopica di Composti Organici. : , E. de Hoffmann and V. Stroobant, Mass Spectrometry. Principles and Applications. : John Wiley and Sons.,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il materiale didattico presentato a lezione sarà disponibile nel moodle del corso.

**PATENTS, RULES AND PRODUCT DEVELOPMENT**

**Titolare:** Dott. STEFANO MARETTO

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Chimica (Ord. 2018)

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** +30E; 3,00

**PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI 1**

**Titolare:** Dott. ANDREA CLAUDIO SANTOMASO

**Mutuato da:** Laurea in Chimica Industriale (Ord. 2014)

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Nessuno.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

L'insegnamento intende fornire gli strumenti teorici e applicativi per: 1. per risolvere semplici bilanci di materia; 2. per la comprensione di alcune operazioni fondamentali dell'industria chimica; 3. per la loro progettazione di massima; 4. per la loro verifica funzionale. In particolare superando l'esame si sarà in grado di: • interpretare uno schema tecnologico di processo; • impostare e risolvere un bilancio di materia; • calcolare le perdite di carico in un circuito idraulico; • selezionare la tipologia e le dimensioni più appropriate di macchina a fluido per un dato servizio idraulico; • dimensionare e verificare scambiatori di calore a tubi concentrici e a fascio tubiero; • progettare operazioni di evaporazione e dimensionare le relative apparecchiature.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni d'aula con risoluzione di numerosi esercizi, simulazione d'esame per l'autovalutazione. Tutte le lezioni d'aula vengono registrate e rese disponibili tramite piattaforma Moodle.

**Contenuti:**

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEI PROCESSI CHIMICI. Elementi per la comprensione e lettura di uno schema di impianto. Diagrammi a blocchi e schemi tecnologici. TRASPORTO DEI FLUIDI. Valvole, raccordi, tubazioni. Richiami sul bilancio macroscopico dell'energia. Principi di funzionamento delle macchine a fluido. Pompe volumetriche e cinetiche. Circuiti idraulici; collegamento in serie e in parallelo di pompe. Ventilatori, soffianti, compressori. SCAMBIO TERMICO SENZA CAMBIAMENTO DI FASE. Meccanismi e leggi di trasmissione del calore. Scambiatori di calore a tubi concentrici, a fascio tubiero, a piastre: apparecchiature e criteri di dimensionamento e di verifica. SCAMBIO TERMICO CON CAMBIAMENTO DI FASE. Evaporazione. Separazione per evaporazione: evaporatori a semplice e a multiplo effetto.

**Modalità di esame:**

L'esame prevede una prova finale scritta. La prova prevede una parte numerica con la soluzione di due esercizi e una parte di teoria con discussione di due o tre argomenti teorici tra quelli presentati durante l'insegnamento. L'uso di appunti, libri di testo non è consentito. È consentito invece l'uso del formulario dato dal docente a lezione e della calcolatrice tascabile. Coloro che conseguiranno il punteggio complessivo di almeno 27/30 nello scritto potranno decidere se svolgere una prova orale integrativa (una sola domanda su un qualsiasi argomento svolto durante l'insegnamento), che può attribuire da -1 a +3 trentesimi al punteggio finale.

**Criteri di valutazione:**

La prova scritta verrà valutata in base a: • correttezza della soluzione finale; • chiarezza e sintesi nella presentazione degli argomenti teorici e dei risultati di calcolo; • padronanza d'uso della terminologia tecnica; • rigore nella metodologia di calcolo; • conoscenza e comprensione dei contenuti dell'insegnamento; •

capacità di fornire informazioni quantitative (piuttosto che semplicemente qualitative) sul funzionamento delle apparecchiature di processo. Per valorizzare la regolarità negli studi, viene attribuito un incremento di 1 trentesimo sul punteggio finale a coloro che sostengono una sola volta l'esame, superandolo immediatamente al termine del semestre di erogazione dell'insegnamento. La prova orale (facoltativa) verrà valutata in base a: • conoscenza e comprensione dei contenuti dell'insegnamento; • capacità di fornire informazioni quantitative (piuttosto che semplicemente qualitative) sul funzionamento delle apparecchiature di processo; • capacità di discutere gli argomenti in modo chiaro e sintetico, e con uso appropriato della terminologia tecnica.

**Testi di riferimento:**

Chhabra, R. P. and V. Shankar, Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 1A: Fluid flow: Fundamental and applications, 7th edition. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier, 2017 Chhabra, R. P. and V. Shankar, Coulson and Richardson's chemical engineering: volume 1B: Heat and mass transfer: Fundamental and applications, 7th edition. Amsterdam (The Netherlands): Elsevier, 2018

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

La stesura e la rielaborazione personale degli appunti d'aula è della massima importanza. Questa attività verrà coadiuvata da copie digitali delle diapositive presentate a lezione che saranno rese disponibili sulla piattaforma Moodle in anticipo rispetto alle lezioni.

**PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI 2**

**Titolare:** Dott. ANDREA CLAUDIO SANTOMASO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Equilibri di fase (liquido-vapore); bilanci macroscopici di materia e di energia; apparecchiature per il trasporto dei fluidi e per lo scambio termico; elementi di impiantistica di processo.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Gli studenti e le studentesse apprenderanno i principi di funzionamento delle principali operazioni di separazione in fase fluida, e le metodologie per la determinazione della dimensione di massima delle relative apparecchiature. Chi avrà superato l'esame sarà in grado di: • comprendere in che modo l'equilibrio liquido-vapore influenzi la capacità di separare tra loro le specie di una miscela; • comprendere i principi di funzionamento di camere di flash, colonne di distillazione, di assorbimento e di stripping; • comprendere le relazioni esistenti tra costi di impianto e costi di esercizio nelle operazioni di separazione; • dimensionare in modo approssimato serbatoi di flash, colonne di distillazione, di assorbimento e di stripping, a piatti e a corpi di riempimento; • valutare i consumi energetici negli impianti di separazione;

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni d'aula, risoluzione di esercizi, sessioni di domanda-e-risposta.

**Contenuti:**

TECNICHE INDUSTRIALI PER LA SEPARAZIONE DI FASE. RICHIAMI SUGLI EQUILIBRI LIQUIDO-VAPORE. Diagrammi di fase; predizione dell'equilibrio: fugacità, attività e modelli per il loro calcolo. PROCESSI SEMPLICI DI VAPORIZZAZIONE E CONDENSAZIONE. Volatilità relativa; vaporizzazione parziale all'equilibrio (flash); gradi di libertà; stadio ideale di separazione; dimensionamento di una camera di flash; vaporizzazione differenziale (distillazione semplice); curve di distillazione; serie di vaporizzazioni e condensazioni parziali. SEPARAZIONI PER DISTILLAZIONE CONTINUA. Colonne a semplice arricchimento: riflusso totale, riflusso minimo, pinch point, costruzione di McCabe-Thiele, numero di stadi teorici; colonne a semplice esaurimento; colonne complete: traffico interno di materia, riflusso minimo e riflusso totale, punto di alimentazione ottimale, rapporto di riflusso ottimale, pressione ottimale di esercizio; gradi di libertà di una colonna di distillazione; problemi di dimensionamento e problemi di verifica. SEPARAZIONI PER DISTILLAZIONE DISCONTINUA. Esercizio di una colonna batch; operazioni a riflusso costante, a riflusso variabile, a riflusso totale; separazione di miscele a molti componenti. SEPARAZIONI PER STRIPPING: portate di inerte e rapporti molari; operazione discontinua, continua monostadio e continua multistadio, consumo minimo di vapore. SEPARAZIONI PER ASSORBIMENTO. Equilibrio liquido-gas; determinazione del numero di stadi teorici e del consumo di liquido; assorbimento in condizioni diluite. DISPOSITIVI PER IL CONTATTAMENTO DELLE FASI LIQUIDA E VAPORE. Colonne a piatti: piatti forati, a valvole, a campanelle; efficienza totale e sua valutazione; limiti di operabilità di un piatto; calcolo del diametro. Colonne a corpi di riempimento: riempimenti random e strutturati; altezza equivalente a un piatto teorico e sua determinazione; limiti di operabilità di una colonna riempita; calcolo del diametro.

**Modalità di esame:**

L'esame prevede lo svolgimento di una prova scritta, la quale prevede tipicamente due domande su argomenti dell'intero programma dell'insegnamento e lo svolgimento di un esercizio, e dura circa un'ora e mezza; non è consentito l'uso di libri di testo o appunti, mentre è consentito l'utilizzo della calcolatrice.

**Criteri di valutazione:**

PROVA SCRITTA • conoscenza e comprensione dei contenuti dell'insegnamento • capacità di fornire informazioni quantitative (piuttosto che meramente qualitative) sui fenomeni legati alle operazioni industriali di separazione, e sulle relative apparecchiature • capacità di presentare gli argomenti in modo chiaro e sintetico, e con uso appropriato della terminologia tecnica • correttezza della soluzione finale dell'esercizio

**Testi di riferimento:**

Guarise G.B., Lezioni di Impianti chimici – Distillazione, assorbimento, estrazione liquido-liquido. Padova: CLEUP, 2000

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Copia digitale delle diapositive presentate a lezione sarà resa disponibile sulla piattaforma Moodle. Il testo di riferimento (Guarise, 2000) è indicato nel box successivo. Anche la consultazione dei seguenti ulteriori testi può risultare utile. Barolo, M e G. B. Guarise (2006). Esercizi di Impianti chimici – Distillazione, assorbimento, estrazione liquido-liquido. CLEUP (Padova) Wankat, P. C. (2012). Separation process engineering (3rd ed.). Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ (U.S.A.)

**PROCESSI E TECNOLOGIE ELETTRICHE**

**Titolare:** Prof. ABDIRISAK AHMED ISSE

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 36A+36L; 6,00

**Prerequisiti:**

Concetti di termodinamica chimica, elettrochimica di equilibrio e cinetica chimica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Dopo aver fornito i concetti base di natura termodinamica e cinetica dell'elettrochimica, ed analizzati i principali fenomeni di trasporto di materia e le loro applicazioni in campo elettrochimico, l'insegnamento si propone di fornire un'adeguata conoscenza degli aspetti applicativi della stessa, con particolare riferimento alla conversione di energia elettrica in energia chimica, e viceversa, agli aspetti cinetici che caratterizzano i processi elettrochimici, ai fenomeni di corrosione, al loro controllo ed alla relativa prevenzione, nonché ad alcuni argomenti di interesse industriale, approfondendo alcuni aspetti della termodinamica e della cinetica dei processi elettrochimici mediante l'ausilio di esperienze di laboratorio.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali effettuate mediante proiezione di diapositive ed esperienze di laboratorio.

**Contenuti:**

ASPETTI FONDAMENTALI - Conduttori elettrici: conduttori elettronici (metalli, materiali a base di carbonio, conduttori polimerici); conduttori ionici (soluzioni elettrolitiche, elettroliti solidi, elettroliti fusi; elettroliti polimerici). - Interfaccia elettrificata; potenziali interfasali; interfaccia metallo-metallo e metallo-soluzione; struttura del doppio strato elettrico; interfaccia soluzione-soluzione e potenziale interliquido. - Cinetica elettrochimica: sistemi elettrochimici non in equilibrio; polarizzazione e sovratensione; sovratensione di barriera; cinetica del trasferimento di carica all'elettrodo; coefficiente di trasferimento; corrente di scambio; equazione corrente-sovratensione; equazione di Butler-Volmer; casi particolari per basse e alte sovratensioni; equazione di Tafel. - Meccanismi di trasporto di materia e leggi fondamentali che lo governano; diffusione: leggi di Fick e loro applicazioni in elettrochimica; sovratensione di diffusione; modello dello strato di diffusione di Nernst; curve corrente-potenziale; corrente limite di diffusione. TECNICHE ELETTROCHIMICHE Tecniche elettrochimiche a potenziale controllato: cronoamperometria; voltammetria a scansione lineare e ciclica; sistemi reversibili, quasi-reversibili e irreversibili; cenni su effetto di reazioni chimiche; elettrodo rotante; equazione di Levich; equazione di Koutecky-Levich. APPLICAZIONI i) ELETTROCATALISI; curve "a vulcano"; processo di evoluzione di idrogeno; produzione elettrochimica di idrogeno. ii) ESEMPLI DI PROCESSI ELETTROCHIMICI INDUSTRIALI: elettrorefinazione dei metalli; rame elettrolitico; processo cloro-soda; processo Hall-Héroult. iii) DISPOSITIVI ELETTROCHIMICI PER LA CONVERSIONE E ACCUMULO DELL'ENERGIA: considerazioni termodinamiche; caratteristiche generali; curve di carica e scarica; pile e accumulatori commerciali più comuni: pila alcalina, pila Mallory, pila al litio; batterie al piombo/acido, Ni/Cd, metallo/idruro; batterie al litio e litio ione. Celle a combustibile. iv) CORROSIONE: tipi di corrosione, natura elettrochimica dei fenomeni di corrosione; diagrammi di stabilità di Pourbaix; curve di equilibrio e aree di prevalenza delle specie. Cinetica dei processi di corrosione; teoria del potenziale misto; diagrammi di Evans; potenziale e corrente di corrosione. Passivazione; corrosione di metalli a comportamento attivo/passivo. Protezione catodica e anodica. Anodi sacrificali.

**Modalità di esame:**

Analisi e discussione delle relazioni relative alle esperienze svolte in laboratorio ed esame orale.

**Criteri di valutazione:**

La valutazione si baserà sulla comprensione degli argomenti svolti. Si terrà conto anche della relazione sull'attività di laboratorio.

**Testi di riferimento:**

C. H. Hamann, A. Hamnett, W. Vielstich, Electrochemistry. Weinheim: Wiley-VCH, 1998 A. J. Bard; L. R. Faulkner, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. New York: Wiley & Sons, 2001 G. Bianchi; F. Mazza, Corrosione e protezione dei metalli. Milano: Masson, 1979

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Saranno messe a disposizione dispense e materiale didattico illustrativo relativo alle lezioni svolte in aula ed alle esperienze di laboratorio.

**PROVA FINALE**

**Titolare:** Prof. FERNANDO FORMAGGIO

**Periodo:** Il anno, annuale

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 35,00

**SPETTROSCOPIE APPLICATE**

**Titolare:** Prof. LORENZO FRANCO

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 16A+20E+24L; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze acquisite negli insegnamenti della Laurea, in particolare Chimica fisica 2 e Laboratorio di chimica fisica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Competenze riguardanti le spettroscopie ottiche e magnetiche: assorbimento IR, diffusione Raman, assorbimento ed emissione UV - Visibile, spettroscopia NMR. Uso delle tecniche spettroscopiche per la caratterizzazione di materiali ed il monitoraggio di processi industriali.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni d'aula ed in laboratorio. Attività di laboratorio svolte autonomamente dagli studenti.

**Contenuti:**

Proprietà di base della radiazione elettromagnetica e introduzione generale alla spettroscopia. Interazione radiazione elettromagnetica – materia, processi di

assorbimento ed emissione, interazioni di dipolo elettrico e di dipolo magnetico. Teoria fenomenologica di Einstein dei processi di assorbimento ed emissione di sistemi atomici e molecolari. Polarizzazione elettrica e propagazione della radiazione elettromagnetica nei mezzi materiali. Indice di rifrazione e coefficiente di assorbimento, andamenti funzionali in corrispondenza della risonanza. Intensità a profili delle bande di assorbimento, larghezza di riga omogenea ed inhomogenea. Relazioni di Kramers – Krönig e loro uso in spettroscopia. Fattorizzazione della spettroscopia molecolare. Spettroscopia di assorbimento IR. Problema vibrazionale per molecole biatomiche, regole di selezione per transizioni fondamentali e di overtone, ruolo dell'anarmonicità del potenziale molecolare. Problema vibrazionale di molecole poliatomiche, modi normali vibrazionali. Spettri di assorbimento IR di molecole poliatomiche, regole di selezione per le transizioni vibrazionali fondamentali, di overtone e di combinazione. Localizzazione dei modi vibrazionali, concetto di frequenza di gruppo. Spettroscopia di assorbimento NIR, suo uso per il monitoraggio dei processi industriali. Tecniche spettroscopiche in riflettanza: riflettanza diffusa e riflettanza speculare, spettroscopia IR – ATR. Spettroscopia di assorbimento UV – Visibile: transizioni elettroniche e vibroniche, progressioni di Franck – Condon, interpretazione dello spettro di assorbimento UV – Vis di sistemi organici. Spettroscopia di emissione: fluorescenza e fosforescenza, emissione radiativa, tempi di vita e destino degli stati elettronici eccitati. Spettroscopia di diffusione Raman e sue applicazioni in chimica industriale e in scienza dei materiali. Spettroscopia NMR: principi di base, rilassamento magnetico e tecniche di trasformata di Fourier. Applicazione della spettroscopia NMR per la caratterizzazione conformazionale di sistemi polimerici e l'analisi di olii alimentari. Attività sperimentali in laboratorio: 1) Spettroscopia di assorbimento FT – IR, spettroscopia FT – IR – ATR, misure di riflettanza speculare. 2) Spettroscopia di diffusione Raman in configurazione macro e micro. 3) Spettroscopia FT – NMR.

**Modalità di esame:**

Valutazione relazioni di laboratorio e colloquio orale sugli argomenti trattati nelle attività d'aula e sulle esperienze di laboratorio.

**Criteri di valutazione:**

La votazione si baserà sulla valutazione delle relazioni di laboratorio e sul risultato del colloquio orale.

**Testi di riferimento:**

P.W. Atkins and J. De Paula, Atkins' Physical Chemistry. Oxford: Oxford University Press, 2010

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense di lezione e materiale specialistico consigliato dal Docente.

## TECNOLOGIE ANALITICHE

**Titolare:** Prof.ssa SARA BOGIALLI

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+12L; 6,00

**Prerequisiti:**

Non sono previste propedeuticità. Tuttavia, per la frequenza del presente insegnamento sono fondamentali le conoscenze acquisite nei corsi di Chimica Analitica II (strumentale) del Corso di Laurea Triennale. Sono altresì necessarie conoscenze di spettrometria di massa, spettroscopia di assorbimento molecolare UV-Vis e fluorescenza.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso introduce gli studenti alla gestione di un protocollo analitico coerente con i diversi scopi per cui è progettato. Saranno chiariti gli aspetti fondamentali e le differenze relative alle analisi di screening e di conferma. Lo studente dovrà acquisire la capacità critica di scelta e supervisione dei vari protocolli analitici, e la padronanza pratica delle principali fasi dei metodi di analisi illustrati, nonché le basi della gestione del report analitico. Il corso ha lo scopo di fornire agli studenti una panoramica pratica delle attuali tecniche di analisi di screening, con enfasi sulle applicazioni bioanalitiche, e di conferma, con applicazioni in campo ambientale, agroalimentare, clinico e forense. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di comprendere i fondamenti strumentali e chimici alla base di queste tecniche e di identificare il metodo di screening e di conferma più adeguato a risolvere un problema analitico. In particolare il corso verterà su: - tecniche di preparazione del campione; - metodologie di analisi di screening e di conferma in matrici ambientali, alimentari e cliniche; - elementi di validazione di metodi analitici; - elementi di legislazione e norme internazionali su analisi di screening e conferma.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni d'aula, esempi di dettagli strumentali, video e simulazioni. Spiegazioni di casi studio significativi, approfondimenti individuali di letteratura scientifica. Esperienze di laboratorio: procedure per esperienze di gruppo con relazioni individuali.

**Contenuti:**

Il corso è diviso in due moduli -metodi di screening (2.5 CFU aula +0.5 CFU laboratorio) -metodi di conferma (2.5 CFU aula +0.5 CFU laboratorio) Per il modulo metodi di screening: - Introduzione ai metodi analitici di screening. - Metodi enzimatici. Metodi di analisi basati su reazioni enzima-substrato. Tecniche di immobilizzazione di enzimi. Sviluppo di sensori enzimatici. - Metodi immunologici. Aspetti cinetici e termodinamici dell'interazione antigene-anticorpo. Tecniche immunoenzimatiche (ELISA): test competitivi e non-competitivi. Immunosensori ottici per analisi ambientali, alimentari e cliniche. - Ibridizzazione e sequenziamento del DNA. Tecniche di analisi delle mutazioni geniche. Rilevazione e quantificazione del DNA mediante la tecnologia dei microarrays. Struttura e proprietà degli aptameri. Esempi di diverse configurazioni di biosensori ottici ed elettrochimici basati sugli aptameri. - Sensori biomimetici. Progettazione e sviluppo di polimeri a stampo molecolare. - Nanomateriali per applicazioni analitiche. Sistemi ibridi nanoparticelle-proteine per la realizzazione di sensori ottici. Esperienze di laboratorio: - Sviluppo di un saggio enzimatico per la determinazione del glucosio e analisi della cinetica enzimatica. Per il modulo metodi di conferma: -sistemi ibridi per le analisi di conferma -cromatografia accoppiata a spettrofotometria e spettrometria di massa -tecniche di preparazione del campione per solidi, liquidi e gas -tecniche off-line e on-line -linee guida per metodi di conferma -interpretazione dati - la presentazione di un report analitico Esperienze di laboratorio -preparazione di un campione con tecniche off-line e rivelazione con metodi di conferma - analisi comparata di campioni reali con metodi di screening e conferma

**Modalità di esame:**

L'esame è orale, diviso in due moduli. Per le attività di laboratorio, è richiesta la consegna delle relative relazioni non oltre le tre settimane successive alla conclusione delle attività. Le esperienze di laboratorio sono invariabilmente argomento di esame. L'esame orale comprende domande sulle esperienze di laboratorio e sui temi principali del corso. Per il modulo di conferma è possibile proporre un articolo scientifico, preventivamente concordato almeno 15 gg prima dell'appello, come argomento iniziale di discussione di esame.

**Criteri di valutazione:**

Livello di comprensione dei principi chimico-fisici alla base dei metodi analitici studiati. Conoscenza dei principi e dei dettagli strumentali delle strumentazioni illustrate nel corso. Conoscenza della terminologia tecnico-scientifica propria della materia. Capacità di razionalizzare le informazioni apprese per fare una sintesi critica sulle tecnologie analitiche più opportune per risolvere problemi specifici.

**Testi di riferimento:**

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Libri di testo consigliati Appunti di lezione. Materiale didattico fornito dal docente o disponibile presso il sito web dei docenti e moodle.

**TIROCINIO ESTERNO**

**Titolare:** Prof. FERNANDO FORMAGGIO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 10,00

**TIROCINIO PER LA STESURA DELLA TESI**

**Titolare:** Prof. FERNANDO FORMAGGIO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 10,00