



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

**SCUOLA DI SCIENZE**

**Bollettino Notiziario**

Anno Accademico 2015/2016

**Laurea magistrale in Chimica Industriale  
(Ord. 2015)**

---

## Curriculum: Corsi comuni

---

### CHIMICA ANALITICA DEI PROCESSI INDUSTRIALI

---

(Titolare: Prof. ANDREA TAPPARO)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00 CFU

**Prerequisiti :**

Per la frequenza al corso, basilari risulteranno le conoscenze di Chimica analitica 1 e 2.

**Conoscenze e abilita' da acquisire :**

Il corso intende avvicinare gli studenti ai principi e alle applicazioni della Chimica Analitica di Processo (PAC), illustrando le tecnologie analitiche impiegabili per ottenere informazioni qualitative e quantitative proprie dei processi chimici industriali, con finalit  di controllo e/o di ottimizzazione delle prestazioni.

Il contenuto del corso copre i metodi di misura non invasivi, alcune strategie di campionamento e le tecniche di trattamento "on-line" del campione.

Al fine di comprendere la tipologia e la qualit  delle informazioni contenute in un segnale strumentale, il corso prevede un'introduzione al Rumore Strumentale e alle tecniche impiegate per il miglioramento del rapporto S/N.

Una particolare attenzione viene rivolta agli analizzatori automatici, o in continuo, basati su misure spettroscopiche, cromatografiche, elettrochimiche o di spettrometria di massa.

1 CFU verr  dedicato agli aspetti fondamentali dei Regolamenti REACH e CLP e alle problematiche inerenti la loro attuale applicazione nel settore produttivo-industriale.

**Attivit  di apprendimento previste e metodologie di insegnamento :**

Lezioni d'aula, esemplificazione di alcuni dettagli strumentali, dimostrazioni del funzionamento di alcune strumentazioni.

**Contenuti :**

1. Introduzione alla Chimica Analitica Processo. Metodi di misura non invasivi; misure off-line, at-line, on-line e in-line. Tipi di segnale acquisibili, tempi di risposta strumentali, frequenze di campionamento e tempi di analisi. Esempi ed applicazioni basati su tecniche spettroscopiche (deNOx).

2. Qualit  nelle misure analitiche. Il rumore strumentale, tipi di rumore e strategie di riduzione.

3. FT nella strumentazione analitica. FT-IR principi ed applicazioni all'analisi di processo. Confronti con IR dispersivo. Applicazioni alle emissioni industriali.

4. Analizzatori automatici della qualit  dell'aria. CO: IR non dispersivo, analizzatore fotoacustico e FT-fotoacustico. NOx, SO2 e Ozono. Dettagli sulla gestione degli interferenti e sulle procedure di calibrazione.

5. Misura di materiale particolato. Metodi discontinui e continui, vantaggi e limitazioni.

6. Tecniche cromatografiche on-line. Adsorbimento e desorbimento, tecniche di campionamento attivo e passivo. Esempi di microGC ed analizzatore di S tot.

7. Tecniche MS on-line. Esempi dal settore farmaceutico, alimentare e di deposizione di film sottili.

8. I Regolamento Europei CE 1907/2006 REACH e CE 1272/2008 CLP e la loro applicazione. Problematiche e opportunit  per il chimico.

**Modalit  di esame :**

Orale

**Criteri di valutazione :**

Livello di comprensione dei principi strumentali e dei dettagli sperimentali adottati nell'analisi di processo. Conoscenza della terminologia tecnico-scientifica propria della materia.

**Testi di riferimento :**

R.Kellner et al., Chimica Analitica. Napoli: Edises, 2003

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

Appunti di lezione.

Materiale didattico fornito dal docente o disponibile presso il sito web del docente.

---

### CHIMICA ANALITICA E AMBIENTE

---

(Titolare: Prof. ANDREA TAPPARO) - Mutuato da: Laurea magistrale in Chimica (Ord. 2015)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00 CFU

**Prerequisiti :**

Per la frequenza al corso, basilari risulteranno le conoscenze di Chimica Analitica 1 e 2.

**Conoscenze e abilita' 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
- Tecniche e Metodologie di analisi di matrici ambientali
- Regolamenti europei REACH e CLP

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

Lezioni d'aula, esemplificazione di alcuni dettagli strumentali, dimostrazioni del funzionamento di alcune strumentazioni.

**Contenuti :**

Il corso è diviso in due parti. La Prima Parte (40 ore di lezione, 5 CFU) presenta alcuni fra gli aspetti più significativi della chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico:

- 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;
- 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.

La Seconda Parte (8 ore di lezione, 1 CFU) è dedicata ai Regolamenti REACH e CLP:

- i Regolamenti europeo CE 1907/2006 REACH e CE 1272/2008 CLP; la loro applicazione, problematiche e opportunità per il chimico moderno;
- Identificazione delle sostanze chimiche secondo REACH.

**Modalità di esame :**

Orale

**Criteri di valutazione :**

Livello di comprensione dei principi chimico-fisici alla base dei fenomeni studiati. Conoscenza dei principi e dei dettagli strumentali delle strumentazioni illustrate nel corso. Conoscenza della terminologia tecnico-scientifica propria della materia.

**Testi di riferimento :**

A. Baird, M. Cann, Chimica ambientale, 2a Ed. : Zanichelli, 2006

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 sito web del docente.

## CHIMICA FISICA INDUSTRIALE 2

(Titolare: Prof. ABDIRISAK AHMED ISSE)

**Periodo:** 1 anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 36A+18L; 6,00 CFU

**Prerequisiti :**

Chimica fisica 1, Chimica fisica industriale e Laboratorio di chimica fisica.

**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 :**

Ricapitolazione dei concetti di termodinamica relativi a celle galvaniche e celle di elettrolisi, reazioni di cella ed elettrodeiche, lavoro elettrico e bilancio di energia, forza elettromotrice di una cella galvanica, equazione di Nernst, potenziale elettrodo, serie elettrochimica.

Pile, accumulatori e celle di elettrolisi: bilancio di lavoro e calore. Generatori elettrochimici primari e secondari. Curve di carica e scarica.

Pile e accumulatori commerciali più comuni. Celle a combustibile.

Interfaccia metallo-metallo e metallo-soluzione; doppio strato elettrico. Interfaccia soluzione-soluzione e potenziale interliquido. Cella galvanica e circuito equivalente.

Sistemi elettrochimici non in equilibrio. Curve corrente-potenziale.

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; caso stazionario e modello dello strato di diffusione di Nernst; curve corrente-potenziale; corrente limite di diffusione. Controllo misto trasferimento elettronico-diffusione.  
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.  
Cenni su cinetica elettrodica per reazioni a pi<sup>1</sup> stadi. Processo di evoluzione di idrogeno; curva  $\eta$  vs  $i$  vulcano.  
Rame elettrolitico; processo cloro-soda; processo Hall-Herault.  
Generalità della 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. Curve caratteristiche anodiche e catodiche. Diagrammi di Evans.  
Passivazione; corrosione e comportamento attivo/passivo.  
Protezione catodica e anodica. Anodi sacrificali.

Verranno inoltre condotte alcune esperienze di laboratorio sui seguenti argomenti:  
processi di scarica e ricarica di accumulatori; cinetica dei processi di trasferimento elettronico  
Physical Chemistry 1, Industrial Physical Chemistry, Physical Chemistry Laboratory; trasporto di materia nei processi elettrodici.

#### **Modalità di esame :**

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

#### **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 :**

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

C. H. Hamann, A. Hamnett, W. Vielstich, *Electrochemistry*. Weinheim: Wiley-VCH, 1998

#### **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.

## **CHIMICA INDUSTRIALE MACROMOLECOLARE**

(Titolare: Prof.ssa CARLA MAREGA)

**Periodo:** 1 anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 48A+36L; 9,00 CFU

#### **Prerequisiti :**

Preparazione di base di Chimica organica

#### **Conoscenze e abilità da acquisire :**

L'insegnamento tende a far acquisire una buona conoscenza dei processi di produzione e trasformazione e delle applicazioni dei principali polimeri di interesse industriale, 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

Analisi termica (DSC, TGA, DTA)

Diffrazione dei raggi X ad alto e basso angolo.

Microscopia ottica ed elettronica.

Elementi di viscoelasticità lineare.

Proprietà meccaniche e loro misura.

Reologia e reometria.

Parte B (4 CFU)

Polimerizzazioni

Identificazione di polimeri

Determinazione dell'indice di isotatticità del polipropilene

Identificazione di un nylon per analisi dei prodotti di idrolisi

Analisi termica: fusione e cristallizzazione, percentuale di cristallinità, transizione vetrosa.

Spettroscopia IR: riconoscimento di alcuni polimeri di sintesi.

Analisi morfologica di un film polimerico mediante microscopia ottica.

Misura delle proprietà meccaniche di un polimero.

Misura del Melt Flow Index.  
Estrusione di un formulato polimerico.

**Modalità di esame :**

Orale

**Criteri 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,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

Le slides usate a lezione verranno fornite dal docente

## CHIMICA INORGANICA DEI MATERIALI

(Titolare: Prof. GAETANO GRANOZZI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti :**

Concetti di base di termodinamica e cinetica chimica

**Conoscenze e abilità da acquisire :**

Concetti base sui solidi

Cristallochimica descrittiva

Termodinamica delle interfacce

Colloidi

Diffusione nei solidi

Difettualità nei solidi

Trasformazioni nei solidi

Panoramica sui metodi di preparazione dei materiali

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

Lezioni di aula con presentazioni Powerpoint

**Contenuti :**

- Introduzione sugli scopi della scienza dei materiali

- Descrizione dei solidi ideali

La struttura dei cristalli. Il reticolo di traslazione. La cella elementare. Elementi di simmetria. I reticoli di Bravais. I gruppi puntuali. I gruppi spaziali. Piani e direzioni nei cristalli. Indici di Miller. Reticolo reciproco. Relazioni tra reticolo reciproco e reticolo diretto. Cenni ai metodi diffrattometrici per la risoluzione strutturale. Equazione di Bragg. Visione di Laue. Sfera di Ewald. Metodi di studio delle polveri cristalline. Solidi amorfi.

- Cristallochimica descrittiva

Sviluppo delle relazioni tra la struttura elettronica degli elementi, caratteristiche dei legami e struttura cristallina. Strutture riconducibili ad aggregati compatti di sfere. Visione dei poliedri interconnessi. Classificazione dei solidi sulla base del tipo di legame chimico.

Edifici ionici: energia reticolare, raggi ionici e rapporto interradiale, relazioni con il raggio ionico (suoi limiti). Ciclo di Born-Haber.

Polarizzabilità degli ioni e regole di Fajans. Relazioni qualitative tra le proprietà meccaniche e la struttura. Edifici metallici: metalli e leghe.

Elettroni liberi nei metalli. Legame nei solidi. Tight Binding. Conduttori, semiconduttori e isolanti. Drogaggio. Diodi e giunzioni p-n. Celle fotovoltaiche, LED.

- Descrizione dei solidi reali

Difetti puntuali. Difetti di Schottky e Frenkel. Centri di colore. Difetti estesi lineari e planari. Dislocazioni. Stacking-faults. Solidi non stechiometrici. Conduzione ionica. Celle a combustibile. Importanza delle superfici. Breve cronologia della Surface Science. Film sottili e loro importanza. Cenni sulla struttura delle superfici ideali. Ricostruzioni e rilassamenti. Difettualità di superficie e siti di chemisorbimento.

- Trasformazioni e reattività nei solidi

Cenni di termodinamica delle interfacce. Energia superficiale. Colloidi. Interfacce piane e sferiche. Equazione di Thomson Gibbs.

Bagnabilità. Classificazione delle trasformazioni allo stato solido. Trasporto di massa nei processi allo stato solido. Definizione di forza termodinamica. Leggi di Fick. Esempi di applicazione della II legge di Fick. Diffusione intracristallina e di superficie. Transizioni di fase.

Nucleazione omogenea. Nucleazione eterogenea. Cinetica di crescita. Diagrammi TTT. Sinterizzazione. Preparazione di solidi amorfi.

Reazioni allo stato solido. Controllo topochimico. Classificazione delle reazioni a seconda dell'interfaccia. Reazioni di decomposizione.

Equazione di Avrami-Erofeev. Reazioni all'interfaccia solido-solido: meccanismo di Wagner. Formazione dello spinello. Caso di  $\text{TiO}_2$

prodotti. Reazioni redox. Metodi di preparazione di cristalli da fuso (Czochralski, Bridgman, zone melting). Metodi di preparazione di

materiali policristallini e polveri. Metodo ceramico. Metodi di preparazione da fase vapore. Metodi di preparazione da fase liquida.

Metodo sol-gel. Precipitazione. Metodi di preparazione di film sottili: metodi fisici e chimici. CVD, VPE, MBE, MO-CVD, sputtering.

Epitassia. Composti di intercalazione e lamellari: grafite, calcogenuri, silicati lamellari ed argille.

**Modalità di esame :**

Orale

**Criteri di valutazione :**

Sarà valutata l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità  $\text{pi}\bar{a}$  sopra descritte.

**Testi di riferimento :**

Shriver and Atkins, Inorganic Chemistry. : Oxford University Press, 1999

G. Granozzi, Chimica dello Stato Solido e delle Superfici. : Cleup, 1999

L. Smart, E. Moore, Solid State Chemistry. An Introduction. : Chapman & Hall, 1995

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

## CHIMICA ORGANICA APPLICATA 2

(Titolare: Prof. PAOLO SCRIMIN)

**Periodo:** I anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00 CFU

### Prerequisiti :

Chimica organica 1-3, in particolare le reazioni ioniche di formazione del legame C-C

### Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso si divide in due parti e 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. Verranno poi introdotte nuove metodiche principalmente basate su processi catalitici e le stesse verranno quindi applicate alla sintesi.

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

Esercizi in aula e a cura dello studente

### 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

### Criteri di valutazione :

Punteggio 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: Prof. STEFANO MAMMI)

**Periodo:** I anno, 2 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 48A+36L; 9,00 CFU

### Prerequisiti :

Nessuno

### Conoscenze e abilità da acquisire :

Il corso intende descrivere l'utilizzo e la produzione di composti organici da parte di alcuni settori industriali; alcuni di questi composti saranno oggetto delle esercitazioni di laboratorio. Sono inoltre trattati aspetti di ricerca industriale.

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

Lezioni d'aula ed esercitazioni di laboratorio.

### Contenuti :

Lezioni d'aula

- Detergenti: Classificazione dei tensioattivi. Meccanismo della detersione. Storia dei saponi e dei detergenti. Produzione di sapone.

Formulazione di vari tipi di sapone. Disinfettanti ed antisettici.

- Coloranti: Coloranti naturali e sintetici. Storia. Classificazioni e definizioni. Il "Colour Index". Aspetti economici. Ambiente, ecologia e tossicologia. Produzione. Metodi di applicazione e solidità dei coloranti. Fibre naturali (animali e vegetali), semisintetiche e sintetiche.

- Composti organici per l'agricoltura: Insetticidi (inorganici, naturali, clorurati, organofosforici, carbammati). Altri metodi di IPM. Erbicidi. Regolatori di crescita delle piante.

- Produzione della carta: Metodi meccanici e chimici. Processo Kraft. Processi di sbianca. Disinchiostrazione e riciclo.

- Lavorazione delle pelli: Descrizione dei processi usati per ottenere cuoio da pelli grezze.

Quanto descritto sopra copre 5 CFU che sono mutuati dalla Laurea in Chimica. Per l'insegnamento mutuato è previsto un ulteriore CFU specifico che copre i seguenti argomenti:

- Adesivi
- Esplosivi

Attività di laboratorio (solo per la LM in Chimica Industriale):

- Sintesi del biodiesel da olio esausto.
- Riduzione enantioselettiva di un beta-chetoestere con lievito di birra.
- Utilizzo di coloranti per tessuti.

- Saponificazione di grassi alimentari.
- Preparazione di sciroppi ad alto contenuto di fruttosio (HFCS) e di bioetanolo da amido di mais.
- Flottazione di ioni.

**Modalità di esame :**

L'esame comprenderà una prova orale che verterà sugli argomenti trattati sia in aula che in laboratorio. Andrà a comporre il voto finale anche la valutazione dell'attività svolta in laboratorio (risultati analitici e relazioni sugli esperimenti).

Per gli studenti della Laurea in Chimica l'esame consisterà in una prova orale.

**Criteri di valutazione :**

Sarà valutata l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità più sopra descritte.

**Testi di riferimento :**

Ullman, *Encyclopedia of Industrial Chemistry*. : Wiley-VCH, 1998

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

Dispense ed appunti di lezione.

Testi di consultazione: "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", 6th Edn., Wiley-VCH, 1998 - Electronic Release (Disponibile online al sito (<http://www.cab.unipd.it/> alla voce "banche dati")

## PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI 1

(Titolare: Prof.ssa SARA SPILIMBERGO)

**Periodo:** 1 anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti :**

Nessuno

**Conoscenze e abilità da acquisire :**

L'insegnamento intende fornire gli strumenti teorici e applicativi per la descrizione di operazioni fondamentali dell'industria chimica, e per la progettazione di massima e la gestione di alcune apparecchiature per processi di separazione di materia e di scambio ed energia.

Esaminare gli aspetti fondamentali nella distribuzione dei servizi generali di fabbrica e fornire gli elementi per la comprensione della documentazione tecnica degli impianti di processo.

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

Lezioni in aula attrezzata con audiovisivi.

**Contenuti :**

Circuiti idraulici: Valvole, raccordi, tubazioni. Principi di funzionamento delle macchine a fluido. Trasporto di liquidi; pompe volumetriche e cinetiche. Trasporto di gas; compressori, ventilatori, soffianti. Scambio termico senza cambiamento di fase; scambiatori di calore a tubi concentrici, a fascio tubiero, a piastre. Scambio termico con cambiamento di fase: ebollizione e bollitori. Separazione per evaporazione; evaporatori a semplice e a multiplo effetto. Schematizzazione degli impianti: Elementi di base per la comprensione e lettura di uno schema di impianto. Principali tipi di rappresentazione grafica, Elementi concettuali del controllo di processo.

**Modalità di esame :**

Orale

**Criteri di valutazione :**

Il candidato all'atto dell'esame dovrà discutere un breve elaborato scritto sugli argomenti trattati a lezione.

**Testi di riferimento :**

Coulson & Richardson, *Coulson's & Richardson's Chemical Engineering*, Vol. 1. Oxford, U.K.: Butterworth-Heinemann, 2000

Coulson & Richardson, *Coulson's & Richardson's Chemical Engineering*, Vol 6. Oxford, U.K.: Butterworth-Heinemann, 2000

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

Testi per consultazione:

McCabe, W.L., Smith, J.C. and Harriott, P., "Unit Operations of Chemical Engineering", 6th Ed., McGraw-Hill, New York, U.S.A. (2001).

"Coulson's & Richardson's Chemical Engineering", Vol. 2 (5th Ed.), Butterworth-Heinemann, Oxford, U.K. (2002).

R. Perry, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", McGraw-Hill, New York.

## PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI 2

(Titolare: Prof. MASSIMILIANO BAROLO)

**Periodo:** 1 anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti :**

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

**Conoscenze e abilità da acquisire :**

L'obiettivo generale dell'insegnamento è far comprendere i principi di funzionamento delle principali operazioni di separazione in fase fluida, e fornire alcune metodologie per la valutazione di massima della dimensione delle relative apparecchiature. Al termine dell'insegnamento, lo studente 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, assorbimento e stripping a piatti e a corpi di riempimento;

• valutare i consumi energetici negli impianti di separazione;

• impiegare un simulatore di processo per lo studio di operazioni elementari di separazione di fase.

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

Lezioni teoriche d'aula (comprendenti di esercitazioni numeriche) e lezioni interattive in aula di calcolo.

### **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 IN CORRENTE DI VAPOR D'ACQUA. Distillazione con iniezione diretta di vapore. Purificazione di sostanze termosensibili da impurezze non volatili: previsione del consumo di vapore. Stripping con vapore: 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 due attività obbligatorie e sequenziali: homeworks obbligatori durante l'erogazione del corso e prova orale finale. Due degli homeworks saranno individuali, mentre il terzo sarà un lavoro di gruppo da completare in 24 ore. Gli homeworks contribuiscono al voto finale per circa il 15%, la prova orale finale per il restante 85%. La prova orale prevede tipicamente tre domande sull'intero programma del corso e dura circa 40 minuti.

### **Criteri di valutazione :**

Verrà valutato il livello al quale lo studente ha appreso gli argomenti nei contenuti del corso, e in particolare quanto sia in grado di fornire una valutazione quantitativa dei fenomeni legati alle operazioni industriali di separazione. Verrà valutata anche la capacità di esporre gli argomenti in modo chiaro e sintetico, e con terminologia appropriata.

### **Testi di riferimento :**

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

### **Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

All'inizio del corso verrà distribuita copia digitale delle diapositive presentate a lezione.

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.)

## **SPETTROSCOPIE APPLICATE**

(Titolare: Prof. DANILO PEDRON)

**Periodo:** 1 anno, 1 semestre  
**Indirizzo formativo:** Corsi comuni  
**Tipologie didattiche:** 16A+20E+24L; 6,00 CFU

### **Prerequisiti :**

Conoscenze acquisite nei 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, orale.

**Criteri di valutazione :**

La votazione si baserà sulla valutazione delle relazioni di laboratorio e su un esame orale.

**Testi di riferimento :**

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

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio :**

Dispense di lezione e materiale specialistico consigliato dal Docente.