



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II  
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

**GUIDA DELLO STUDENTE**

**CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE  
DELLA CHIMICA INDUSTRIALE**

*Classe delle Lauree Magistrali in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale, Classe  
LM-71*

ANNO ACCADEMICO 2019/2020

Napoli, Agosto 2019

## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI *FEDERICO II*

### REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE E TECNOLOGIE DELLA CHIMICA INDUSTRIALE Classe delle Lauree Magistrali in

#### Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale, Classe LM-71

#### **Art.1. Definizioni**

Ai sensi del presente regolamento si intendono:

- a) per Dipartimento, il Dipartimento di Scienze Chimiche dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;
  - b) per Regolamento sull'Autonomia didattica (RAD), il Regolamento recante norme concernenti l'Autonomia Didattica degli Atenei, di cui al D.M. del 3 novembre 1999, n.509 come modificato e sostituito dal D.M. del 23 ottobre 2004, n. 270;
  - c) per Regolamento Didattico di Ateneo (RDA), il Regolamento approvato dall'Università degli studi di Napoli Federico II ai sensi dell'Art.11 del D.M del 23 ottobre 2004, n. 270;
  - d) per Decreto ministeriale, di seguito denominato DCL, il D.M. del 16 marzo 2007 di determinazione delle classi delle lauree universitarie magistrali;
  - e) per Corso di Laurea magistrale, il Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale, come individuato dall'Art.2 del presente regolamento;
  - f) per titolo di studio, la Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale, come individuata dall'Art.2 del presente regolamento;
  - g) per Commissione la Commissione di Coordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale;
  - h) per Scuola, la Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;
- nonché tutte le altre definizioni di cui all'Art.1 del RDA.

#### **Art.2. Titolo e Corso di Laurea magistrale**

Il presente regolamento disciplina il Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale, appartenente alla Classe delle lauree magistrali in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale , Classe LM-71, di cui alla tabella allegata al DCL e al relativo Ordinamento didattico inserito nel RDA, incardinato nel Dipartimento.

Gli obiettivi formativi qualificanti del Corso di Laurea magistrale sono quelli fissati nell'Ordinamento Didattico.

I requisiti di ammissione a Corsi di Laurea magistrale sono quelli previsti dalle norme vigenti in materia. Altri requisiti formativi e culturali richiesti per l'accesso al Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale, sono regolati dal successivo Art.4.

La Laurea magistrale si consegue al termine del Corso di Laurea e comporta l'acquisizione di 120 Crediti Formativi Universitari.

#### **Art.3. Struttura didattica**

Il Corso di Laurea magistrale è retto dalla Commissione di Coordinamento Didattico.

La Commissione è costituita come previsto dallo Statuto e dal RDA, ed ha le competenze previste dal RDA.

#### **Art.4. Requisiti per l'ammissione**

I requisiti di ammissione alla Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale e le attività formative propedeutiche ed integrative sono indicati nell'allegato A al presente regolamento.

## **Art.5. Articolazione degli studi**

### **5.1. Laurea magistrale**

1. Il credito formativo universitario è definito nel RDA e nel RAD.
2. L'Allegato B1 che costituisce parte integrante del presente Regolamento, riporta
  - a) gli eventuali curricula del Corso di Laurea Magistrale;
  - b) l'elenco degli insegnamenti del Corso di laurea, con l'eventuale articolazione in moduli e i crediti ad essi assegnati, e delle altre attività formative, con l'indicazione della tipologia di attività, della modalità di svolgimento e dei settori scientifico-disciplinari di riferimento e degli ambiti disciplinari;
  - c) le attività a scelta dello studente e relativi CFU;
  - d) le altre attività formative previste e relativi CFU;
  - e) i CFU assegnati per tirocinio e preparazione della prova finale;
3. L'Allegato B1 al presente Regolamento è redatto nel rispetto di quanto previsto dal RDA. In particolare, esso può prevedere l'articolazione dell'offerta didattica in moduli di diversa durata, con attribuzione di diverso peso nell'assegnazione dei crediti formativi universitari corrispondenti.
4. Oltre ai corsi di insegnamento ufficiali, di varia durata, che terminano con il superamento dei relativi esami, l'Allegato B1 al presente Regolamento può prevedere l'attivazione di corsi di sostegno, seminari, esercitazioni in laboratorio o in biblioteca, esercitazioni di pratica testuale, esercitazioni di pratica informatica e altre tipologie di insegnamento ritenute adeguate al conseguimento degli obiettivi formativi del Corso.
5. Nel caso di corsi d'insegnamento articolati in moduli, questi potranno essere affidati alla collaborazione di più Professori di ruolo e/o Ricercatori.

### **5.2. Attività formative e relative tipologie**

L'allegato B.2 specifica, per ciascun insegnamento, i moduli da cui esso è costituito e, per ciascun modulo:

- a) il settore scientifico - disciplinare di riferimento,
- b) i Crediti Formativi Universitari (CFU),
- c) le tipologie didattiche previste (Lezioni, Esercitazioni, ecc.),
- d) gli obiettivi formativi specifici,
- e) i contenuti,
- f) le propedeuticità
- g) le modalità di accertamento del profitto

I contenuti possono essere aggiornati annualmente dai docenti previa approvazione della Commissione

## **Art.6. Organizzazione didattica**

### **6.1. Tipo di organizzazione**

Le attività formative si articolano in periodi didattici fissati dal Manifesto degli studi.

### **6.2. Manifesto degli studi**

La Commissione predispose ogni anno, entro i termini previsti dall'Ateneo, il Manifesto degli Studi relativo all'Anno Accademico successivo, e ne propone l'approvazione al Consiglio di Dipartimento.

1- Il Manifesto specifica:

- a) il calendario e le modalità di svolgimento delle attività formative propedeutiche e integrative di cui all'allegato A;
- b) l'elenco dei moduli e degli insegnamenti che vengono attivati e la loro collocazione nei periodi didattici previsti dal precedente comma 1;

- c) il calendario delle attività formative, definite in accordo con la programmazione didattica annuale della Scuola;
- d) il calendario delle sessioni di esame ordinarie, da collocare alla fine di ciascun periodo didattico;
- e) il calendario della sessione di esame di recupero, da tenersi nel mese di settembre, prima dell'inizio delle attività formative del successivo anno accademico;
- f) le norme che regolano la sostituzione di insegnamenti impartiti negli anni precedenti e che siano stati soppressi;
- g) le regole per la compilazione di Piani di studio.
- h) le regole e le modalità di svolgimento delle attività di tirocinio.

2. In occasione della predisposizione del Manifesto degli studi, il Consiglio deciderà quali *curricula* e/o percorsi formativi consigliati attivare per il successivo anno accademico tra quelli riportati nell'Allegato B1.

3. In occasione della predisposizione del Manifesto degli studi, il Consiglio indicherà quali degli insegnamenti sarà tenuto in inglese per un massimo di 18 crediti.

### **6.3. Piani di studio**

I piani di studio individuali, contenenti modifiche al percorso formativo statutario indicato nell'Allegato B1 e presentati alla Segreteria studenti entro i tempi fissati dal Senato Accademico, saranno vagliati, sulla base della congruità con gli obiettivi formativi specificati nell'Ordinamento didattico, dalla Commissione Pratiche Studenti e approvati, respinti o modificati dalla Commissione. Per gli studenti in corso il Piano di Studio prevede le attività formative indicate dal Regolamento per i vari anni di corso integrate dagli insegnamenti scelti in maniera autonoma. Gli studenti non sono obbligati ad indicare questi insegnamenti all'atto dell'iscrizione.

Nel caso di attivazione di più curricula gli studenti, presentano il loro piano di studi entro il primo semestre del primo anno, con la scelta dell'indirizzo, e potranno anche scegliere altri insegnamenti rispetto a quelli che ogni anno verranno consigliati nel manifesto degli studi tra tutti quelli attivati presso l'Università di Napoli Federico II, fermo restando che per ogni esame sostenuto positivamente verranno riconosciuti non più di 6 CFU. **N.B. Non possono essere sostenuti esami opzionali consigliati, come offerta formativa della Laurea Magistrale che siano già stati superati in altri corsi di studio.**

### **6.4. Frequenza**

In considerazione del tipo di organizzazione didattica prevista nel presente regolamento può essere richiesta la frequenza obbligatoria a tutte le attività formative.

### **Art.7. Tutorato**

Nell'ambito della programmazione didattica, la Commissione organizza le attività di orientamento e tutorato secondo quanto indicato nell'apposito Regolamento previsto dal RDA.

### **Art.8. Ulteriori iniziative didattiche**

In conformità a quanto previsto dal RDA, la Commissione può proporre all'Università l'istituzione di iniziative didattiche di perfezionamento, corsi di preparazione agli Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni e dei concorsi pubblici e per la formazione permanente, corsi per l'aggiornamento e la formazione degli insegnanti di Scuola Superiore, Master, ecc. Tali iniziative possono anche essere promosse attraverso convenzioni dell'Ateneo con Enti pubblici o privati che intendano commissionarle.

### **Art.9. Passaggi e trasferimenti**

Il riconoscimento dei crediti acquisiti è deliberato dalla Commissione. La Commissione Pratiche Studenti, che, sentiti i docenti del settore scientifico - disciplinare cui l'insegnamento/modulo afferisce, formuli proposte per la Commissione. Quest'ultima decide anche in merito ai crediti acquisiti in settori scientifico-disciplinari che

non compaiono nel regolamento del Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale.

## **Art.10. Esami e altre verifiche del profitto**

### **10.1. Ammissione all'esame di profitto**

L'ammissione all'esame di profitto è subordinata alla verifica del rispetto delle propedeuticità tra gli insegnamenti. In particolare, per essere ammesso a sostenere l'esame relativo a un insegnamento che preveda propedeuticità lo studente deve avere già superato gli esami degli insegnamenti a esso propedeutici, come attestato dalla documentazione relativa alla sua carriera.

### **10.2. Modalità dell'esame di profitto**

L'esame di profitto ha luogo per ogni insegnamento, nel limite del numero massimo di esami previsto dal RDA. Esso deve tenere conto dei risultati conseguiti in eventuali prove di verifica sostenute durante lo svolgimento del corso (prove in itinere).

Le prove di verifica effettuate in itinere sono inserite nell'orario delle attività formative; le loro modalità sono stabilite dal docente e comunicate agli allievi all'inizio del corso.

L'esame e/o le prove effettuate in itinere possono consistere in:

- verifica mediante questionario/esercizio numerico;
- relazione scritta;
- relazione sulle attività svolte in laboratorio;
- colloqui programmati;
- verifiche di tipo automatico in aula informatica.

Alla fine di ogni periodo didattico, lo studente viene valutato sulla base dell'esito dell'esame e delle eventuali prove in itinere. In caso di valutazione negativa, lo studente avrà l'accesso a ulteriori prove di esame nei successivi periodi previsti.

In tutti i casi, il superamento dell'esame determina l'acquisizione dei corrispondenti CFU.

## **Art.11. Tempi**

### **11.1. Percorso normale**

La durata normale del Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale è di 2 anni.

### **11.2. Studenti a contratto**

La Commissione determina, anno per anno, forme di contratto offerte agli studenti che chiedano di seguire gli studi in tempi più lunghi di quelli legali.

## **Art.12. Esame di laurea magistrale**

1. Il titolo di studio è conferito a seguito di prova finale. L'Allegato C al presente Regolamento disciplina:

- a) le modalità della prova, comprensiva in ogni caso di un'esposizione dinanzi a una apposita commissione;
- b) le modalità della valutazione conclusiva, che deve tenere conto dell'intera carriera dello studente all'interno del Corso di Laurea, dei tempi e delle modalità di acquisizione dei crediti formativi universitari, della prova finale, nonché di ogni altro elemento rilevante.

2. Per accedere alla prova finale lo studente deve avere acquisito il quantitativo di crediti universitari previsto dall'Allegato B1 al presente Regolamento, meno quelli previsti per la prova stessa. La tesi di Laurea Magistrale può essere redatta in lingua inglese. Lo studente interessato ne farà richiesta al Consiglio che delibererà in merito.

3. Lo svolgimento della prova finale è pubblico.

**Art. 13. Opzioni dai preesistenti Ordinamenti all'Ordinamento ex D.M. 270/04**

Gli studenti iscritti al Corso di Laurea specialistica/magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale dell'ordinamento preesistente possono optare per l'iscrizione al Corso di Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale dell'ordinamento ex D.M. 270/04 secondo quanto disposto dal RDA. Il riconoscimento degli studi compiuti sarà deliberato dalla Commissione, previa la valutazione in crediti degli insegnamenti dell'ordinamento di provenienza e la definizione delle corrispondenze fra gli insegnamenti/moduli dell'ordinamento ex D.M. 270/04 e di quello di provenienza.

Le transizioni di studenti iscritti a Corsi di Studio diversi dal Corso di laurea in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale sono considerate come richieste di passaggio, secondo quanto disposto dal RDA.

Allo studente possono essere riconosciuti anche CFU relativi ad insegnamenti/moduli collocati in anni successivi a quello a cui è stato iscritto.

## **Allegato A**

### **Requisiti di ammissione e attività formative propedeutiche e integrative**

Si può essere ammessi alla Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale della Classe LM- 71 avendo conseguito una Laurea Triennale della Classe L-27 nel cui curriculum siano presenti un minimo di 6 CFU di Chimica Industriale (CHIM/04) e 6 CFU di Impianti Chimici (ING-IND/25). E' richiesta anche una sufficiente conoscenza della lingua inglese (aver conseguito almeno 4 CFU o possedere una certificazione B1). Nel caso in cui curriculum di studi non soddisfi i requisiti sopra indicati la Commissione Pratiche Studenti valuterà caso per caso in via preliminare il livello di preparazione dello studente e suggerirà le eventuali integrazioni curriculari da acquisire per ottenere l'ammissione e le modalità per farlo attraverso un piano di studi personalizzato (Piano di studi individuale) o l'acquisizione di crediti attraverso corsi singoli. La Commissione ammetterà lo studente solo dopo un'accurata verifica che i requisiti di ammissione siano stati effettivamente conseguiti.

Per tutti gli studenti con una media degli esami inferiore o uguale a 23,00 si procederà anche all'accertamento della preparazione attraverso modalità che verranno decise dalla commissione pratiche studenti.

**Allegato B.1**  
**Elenco degli insegnamenti**  
**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN**  
**SCIENZE E TECNOLOGIE DELLA CHIMICA INDUSTRIALE**

| INSEGNAMENTO | CFU | Moduli (se previsto) | CFU/modulo | SSD | Attività (*) | Ambito disciplinare (**) |
|--------------|-----|----------------------|------------|-----|--------------|--------------------------|
|--------------|-----|----------------------|------------|-----|--------------|--------------------------|

**I ANNO**

|   |    |                                       |    |            |   |     |
|---|----|---------------------------------------|----|------------|---|-----|
| Complementi di Chimica Inorganica           | 6  |                                       | 6  | CHIM/03    | 2 | 2.1 |
| Analisi e Sintesi Organica                  | 6  |                                       | 6  | CHIM/06    | 2 | 2.1 |
| Impianti Chimici                            | 8  |                                       | 8  | ING-IND/25 | 2 | 2.2 |
| Chimica Industriale I                       | 10 |                                       | 10 | CHIM/04    | 2 | 2.2 |
| Chimica Industriale II                      | 10 | Chimica Industriale II                | 5  | CHIM/04    | 2 | 2.2 |
|   |    | Laboratorio di Chimica Industriale II | 5  | CHIM/04    | 2 | 2.2 |
| Chimica Fisica Industriale                  | 6  |                                       | 6  | CHIM/02    | 4 |     |
| Corso Curricolare I                         | 6  |                                       | 6  | CHIM/04    | 2 | 2.2 |
| Ulteriori conoscenze Linguistiche (Inglese) | 4  |                                       | 4  |            | 6 |     |

**II ANNO**

|   |    |  |    |  |   |     |
|---|----|--|----|--|---|-----|
| Corso Curricolare II  | 6  |  | 6  | CHIM/04<br>ING-IND/25                    | 2 | 2.2 |
| Corso Curricolare III   | 6  |  | 6  | CHIM/04                                  | 2 | 2.2 |
|   |    |  |    | CHIM/01<br>CHIM/02<br>CHIM/03<br>CHIM/06 | 4 |     |
|   |    |  |    |  |   |     |
|   |    |  |    |  |   |     |
| Corso a scelta  | 6  |  | 6  |  | 3 |     |
| Ulteriori conoscenze Tirocinio                                      | 4  |  | 4  |  | 7 |     |
| Corso a scelta  | 6  |  | 6  |  | 3 |     |
| Corso Curricolare IV  | 6  |  | 6  | CHIM/04<br>ING-IND/25                    | 2 | 2.2 |
|   |    |  |    | ING_IND/24                               | 4 |     |
| Attività per la preparazione dell'elaborato della laurea magistrale | 29 |  | 29 |  | 5 |     |
| Esame di laurea magistrale  | 1  |  | 1  |  | 5 |     |

(\*) **Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del D.M. 270/04**

| Attività formativa      | 1                  | 2                  | 3                  | 4                    | 5                  | 6                    | 7                  |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| <b>Rif. D.M. 270/04</b> | Art.10 comma 1, a) | Art.10 comma 1, b) | Art.10 comma 5, a) | Art.10 comma 5, b)   | Art.10 comma 5, c) | Art.10 comma 5, d)   | Art.10 comma 5, e) |
|                         | Base               | Caratterizzanti    | A scelta           | Affini o Integrativi | Prova Finale       | Ulteriori Conoscenze | Stage o Tirocini   |

(\*\*) **Legenda degli ambiti disciplinari**

| Ambiti disciplinari | 2.1                 | 2.2  |
|---------------------|---------------------|--|
| <b>rif. DCL</b>     | Discipline chimiche | Discipline chimiche Ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche |



## Attività formative a scelta autonoma dello studente

Per quanto riguarda le attività a scelta autonoma, la Commissione propone, nell'ambito del Manifesto degli Studi, annualmente una lista di insegnamenti che permettono di approfondire particolari aspetti della Chimica e della Chimica Industriale.

## Curricula Didattici del Corso di laurea specialistica in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale

Potranno essere istituiti diversi curricula didattici come ad esempio:

- 1) **Prodotti, processi e tutela ambientale**
- 2) **Scienza dei polimeri**
- 3) **Formulazioni Industriali**

La scelta di un particolare percorso didattico richiede l'inserimento obbligatorio nel proprio piano di studi di Corsi curriculari specifici per ogni indirizzo come:

### 1. Curriculum didattico "Prodotti, processi e tutela ambientale"

- |  |              |
|--|--------------|
| I) Tecnologie avanzate nei Processi Chimici Industriali            | (CHIM/04)    |
| II) Processi e Impianti di trattamento reflui                      | (ING-IND/25) |
| III) Metodi analitici per il controllo di qualità e di processo    | (CHIM/01)    |
| IV) Qualità, sicurezza e tutela brevettuale nell'industria chimica | (CHIM/04)    |

### 2. Curriculum didattico "Scienza dei polimeri"

- |  |            |
|--|------------|
| I) Chimica e Tecnologia dei Polimeri                     | (CHIM/04)  |
| II) Proprietà e struttura dei Polimeri                   | (CHIM/04)  |
| III) Chimica dei Materiali Avanzati                      | (CHIM/03)  |
| IV) Metodi di caratterizzazione dei materiali polimerici | (CHIM /04) |

### 3. Curriculum didattico "Formulazioni Industriali"

- |                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| I) Chimica Fisica delle Formulazioni | (CHIM/02)    |
| II) Industria delle Formulazioni     | (CHIM/04)    |
| III) Formulazioni Polimeriche        | (CHIM/04)    |
| IV) Reologia                         | (ING-IND/24) |

Per quanto riguarda i 2 corsi da 6 CFU a libera scelta, gli studenti saranno incoraggiati ad usufruire di insegnamenti che arricchiscano le competenze dell'indirizzo prescelto. A questo proposito il CCS organizzerà un'opportuna offerta didattica con corsi consigliati per ciascun indirizzo come, a titolo di esempio:

### Corsi consigliati per il Curriculum didattico "Prodotti, processi e tutela ambientale"

- 1) Teoria e applicazioni dei processi di separazione
- 2) Trattamenti di depurazione delle acque
- 3) Strategie di intervento per la riduzione dell'impatto ambientale dei processi chimici
- 4) Processi di termoconversione dei solidi finalizzati alla produzione di energia
- 5) Biopesticidi per l'agricoltura
- 6) Chimica dei Composti Metallorganici (mutuato da Scienze Chimiche)
- 7) Chimica e Tecnologia della Catalisi (mutuato da Scienze Chimiche)
- 8) Progettazione degli esperimenti per gli studi di laboratorio e lo sviluppo di formulazioni

**Corsi consigliati per il Curriculum didattico “ Scienza dei Polimeri”**

- 1) Cristallografia dei polimeri
- 2) Polimeri per applicazioni biomediche
- 3) Catalisi di polimerizzazione
- 4) Dinamica e reologia dei polimeri
- 5) Chimica Fisica dei Materiali
- 6) Metodi computazionali per lo studio delle reazioni di interesse industriale

**Corsi consigliati per il Curriculum didattico “ Formulazioni Industriale”**

- 1) Dinamica e reologia dei polimeri
- 2) Chimica Fisica dei Materiali
- 3) Metodi computazionali per lo studio delle reazioni di interesse industriale
- 4) Progettazione degli esperimenti per gli studi di laboratorio e lo sviluppo di formulazioni

## **Calendario delle attività didattiche - a.a. 2019/2020**

|   | <b>Inizio</b> | <b>Termine</b> |
|---|---------------|----------------|
| <b>1° periodo didattico</b>               | 16/09/2019    | 18/12/2019     |
| <b>1° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 19/12/2019    | 06/03/2020     |
| <b>2° periodo didattico</b>               | 09/03/2020    | 12/06/2020     |
| <b>2° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 15/06/2020    | 31/07/2020     |
| <b>3° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 02/09/2020    | 30/09/2020     |

(a): per allievi in corso

**Vacanze 1° semestre.** San Gennaro: Giovedì 19 settembre; Ognissanti: Venerdì 1 novembre; Natale: da Martedì 24 dicembre a Lunedì 6 Gennaio.

**Vacanze di Carnevale.** Da Lunedì 24 Febbraio a Martedì 25 Febbraio

**Vacanze 2° semestre.** Pasqua: da Giovedì 9 Aprile a Mercoledì 15 Aprile; Festa della Liberazione: Sabato 25 Aprile; Festa del Lavoro: Venerdì 1 Maggio; Festa della Repubblica: Martedì 2 giugno

## **Referenti del Corso di Studi**

Coordinatore Didattico dei Corsi di Studio Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale: Prof. Finizia Auriemma – Dipartimento di Scienze Chimiche - tel. 081/674341 - e-mail: [finizia.auriemma@unina.it](mailto:finizia.auriemma@unina.it) .

Referente del Corso di Laurea per il Programma ERASMUS: Prof. Annalisa Guaragna– Dipartimento di Scienze Chimiche - tel. 081-679938 081-674119 - e-mail: [annalisa.guaragna@unina.it](mailto:annalisa.guaragna@unina.it)

Responsabile del Corso di Laurea per i tirocini: Prof. Riccardo Tesser – Dipartimento di Scienze Chimiche - tel. 081-674012 – e-mail: [riccardo.tesser@unina.it](mailto:riccardo.tesser@unina.it)

## **Allegato B.2**

**Attività formative del Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale. Delle Schede gli obiettivi formativi e le eventuali propedeuticità fanno parte del regolamento. Il programma del corso, i testi consigliati e le modalità di accertamento del profitto saranno aggiornati annualmente dai docenti dei relativi corsi che provvederanno a pubblicare i dati sulla loro pagina docente.**

## **Insegnamenti Fondamentali**

## Insegnamento N.1: Complementi di Chimica Inorganica

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM/03</b>   |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <p>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino: <b>L'insegnamento si propone di illustrare criticamente gli aspetti di Chimica Inorganica rilevanti per la chimica dei materiali e la catalisi industriale nel campo della "chimica fine". In particolare saranno trattati la simmetria molecolare con elementi di teoria di gruppi, e il legame chimico, struttura e reattività dei composti di coordinazione e organometallici, con esempi di applicazioni in processi catalitici di interesse industriale.</b></p> <p><b>Programma del corso:</b><br/> <b>1° parte: Simmetria, struttura e legame chimico.</b><br/> <b>Geometria Molecolare e Simmetria.</b> Elementi di simmetria e gruppi puntuali. Assegnazione di una molecola ad un gruppo puntuale. <i>Elementi di teoria dei gruppi:</i> Operazioni di simmetria e rappresentazioni matriciali. Rappresentazioni irriducibili e tavole dei caratteri. Combinazioni di orbitali atomici adattate alla simmetria (SALC). Costruzione di uno schema di orbitali molecolari dalle SALC. <i>Spettri vibrazionali:</i> Modi normali di vibrazione. Riconoscimento di stereoisomeri da spettri IR. Simmetria e numero di bande negli spettri IR. <b>16 ore</b><br/> <b>2° parte: Struttura e reattività dei composti di coordinazione.</b><br/> <b>Leganti e complessi.</b> Numeri di coordinazione, geometrie e fattori che li determinano. Principali classi di leganti. Isomeria e chiralità in composti di coordinazione. <i>Legame chimico nei complessi:</i> Teoria del campo legante e orbitali molecolari. Donatori <math>\sigma</math>. Donatori ed accettori <math>\pi</math>. Effetti sulle separazioni fra le energie degli orbitali <math>d</math> e sulla stabilità dei complessi. Altri effetti sterici ed elettronici sulla struttura e stabilità dei complessi. Relazioni "hard-soft". <i>Reazioni di scambio di leganti:</i> Inerzia e labilità. Meccanismi di scambio di leganti. Composti organometallici: conto degli elettroni di valenza. Stato di ossidazione formale e regola dei 18 elettroni. <b>6 ore.</b><br/> <b>Classi di reazioni e classi di composti in chimica organometallica.</b> Doppio scambio e transmetallazione. <i>Metallo alchili e Idruro-complessi:</i> Preparazione e reazioni. Addizione ossidativa ed eliminazione riduttiva. <i>Metallo carbonili:</i> Preparazione. Spettri infrarossi e loro utilizzo nella caratterizzazione dei carbonili. Reazioni: sostituzione, riduzione, addizione nucleofila, inserzione ed eliminazione. <i>Complessi olefinici:</i> Struttura e legame chimico. Reazioni di inserzione e di attacco nucleofilo. <i>Complessi allilici:</i> Struttura e legame chimico. Reazioni di attacco nucleofilo. <i>Complessi ciclopentadienilici:</i> Struttura e legame chimico. <i>Complessi carbenici:</i> preparazione e reazioni. <b>16 ore</b><br/> <b>Composti di coordinazione in catalisi omogenea. Reazioni catalitiche di alcheni:</b> Idrogenazione. Isomerizzazione e oligomerizzazione. Idroformilazione. Idrocianazione. Ossidazione. Metatesi. Coupling vari. Epossidazione e diidrossilazione. Ciclopropanazione. Meccanismi e varianti enantioselettive delle reazioni suddette. <b>8 ore.</b></p> <p><b>Testi consigliati:</b> Shriver, Atkins: Inorganic Chemistry, 5° ed. inglese o italiana.<br/> R. L. Carter, Molecular symmetry and group theory, Wiley 1998.<br/> R. H. Crabtree, The organometallic chemistry of transition metals, Wiley 2005.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità: Nessuna</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto: E' previsto un esame orale.</b>  |                   |                       |                     |



## Insegnamento N.2: Analisi e Sintesi Organica

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM/06</b>   |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br>Il corso si propone di fornire agli studenti<br>a) i metodi avanzati NMR e spettrometria di massa per definire la struttura dei composti organici<br>b) la conoscenza delle più importanti sintesi organiche di interesse industriale   |                   |                       |                     |
| <b>Programma del corso:</b><br>a) spettroscopia NMR: tecniche mono e bidimensionali tecniche multimpulse avanzate<br>b) le tecniche di spettrometria Soft Matter: MALDI e elettrospray<br>c) l'uso di NMR, IR, spettroscopia UV e spettrometria di massa per definire la struttura dei composti organici. Soluzione di problemi di determinazione strutturale.<br>d) Principali sintesi organiche di interesse industriale |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità: Nessuna</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto: Prova orale</b>  |                   |                       |                     |

### Insegnamento N.3: Impianti Chimici

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: ING-IND/25</b>  |                   |                       | <b>CFU: 8</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Lo Studente deve dimostrare di conoscere, saper comprendere e saper elaborare discussioni a complesse concernenti le problematiche relative a sistemi di reattori chimici, operazioni isoterme, condizioni di flusso non ideali e processi eterogenei. Ciò a partire dalle nozioni apprese e mediante il percorso formativo dell’Insegnamento che intende fornire al Discente conoscenze e gli strumenti metodologici appropriati. Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità operative necessarie ad applicare concretamente le conoscenze elencate sopra. Lo Studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concettuali e di progetto relativi a reattori chimici ideali e non ideali, anche in combinazione tra loro ed in presenza di reazioni chimiche multiple e/o non isoterme e/o eterogenee.</p> <p><b>Programma:</b><br/>                     Richiami di elementi di reattoristica. Sistemi costituiti da più reattori continui: reattori tubolari e a mescolamento ideali in serie e/o parallelo. Reattori tubolari con riciclo. Esercitazioni numeriche.<br/>                     Progetto di reattori per reazioni multiple: schemi in parallelo, in serie e in serie-parallelo. Resa e selettività per reti di reazioni. Esercitazioni numeriche.<br/>                     Effetto della temperatura su sistemi di reazioni singole irreversibili e di equilibrio, sia endotermiche che esotermiche. Progressioni ottimali di temperatura nei vari casi. Reattori adiabatici ed autotermici. Effetto della temperatura su sistemi di reazioni multiple. Esercitazioni numeriche.<br/>                     Moto dei fluidi non ideale nei reattori chimici. Funzioni di distribuzione delle età e dei tempi di permanenza in un sistema in flusso. Sollecitazioni a scalino e ad impulso in un sistema in flusso. Caratterizzazione di un sistema in flusso reale come reattore chimico mediante la funzione di distribuzione dei tempi di permanenza. Modelli di flusso. Modello a dispersione assiale per reattori tubolari reali. Modelli di flusso a più parametri.<br/>                     Processi reattivi solido-gas. Aspetti cinetici e diffusivi. Considerazioni generali. Modello Shrinking Core e Shrinking Particle. Regime diffusivo esterno. Regime diffusivo interno. Regime cinetico. Combinazione di resistenze. Fattore di efficienza e modulo di Thiele per solidi porosi reagenti. Aspetti reattoristici. Equazioni di progetto per solido alimentato in reattori a flusso segregato o miscelato.<br/>                     Cenni di analisi economica per processi e impianti chimici. Considerazioni generali. Investimenti, legge dell’economia di scala, tasso di ammortamento, ammortamento, ricavi, costi, profitto lordo, tasse, profitto netto. Legge di attualizzazione del denaro. Strategia “sinking fund” per la scelta del tasso di ammortamento. Venture profit. Fattore di rischio. Costi specifici, profitto lordo e produttività critica per processi chimici.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Fonti bibliografiche</b><br>Appunti dalle lezioni e da web-learning <a href="http://www.federica.unina.it">www.federica.unina.it</a> ; O. Levenspiel, <i>Chemical Reaction Engineering</i> , Ed.  |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità: Nessuna</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale.  |                   |                       |                     |



## Insegnamento N.4: Chimica Industriale I

|   |  |  |                     |
|---|--|--|---------------------|
| <b>Modulo: unico</b>  |  |  |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM/04</b>  |  |  | <b>CFU: 10</b>      |
| <b>Ore di studio per ogni ora di lezione: 2</b>   |  | <b>Esercitazione:1</b>   | <b>Laboratorio:</b> |
|   |  | <b>Altro (specificare): 64 ore di lezione + 24 ore esercitazioni</b> |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b></p> <p>Il percorso formativo del corso intende fornire agli studenti le conoscenze approfondite e gli strumenti metodologici di avanzati per analizzare gli aspetti fondamentali dei processi chimici industriali e le problematiche ad esse connesse di tipo scientifico e tecnologico.</p> <p>Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità di proporre soluzioni ai problemi che si incontrano nella gestione e/o progettazione di un processo chimico, sulla base degli esempi illustrati e delle esercitazioni di laboratorio.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/> L'Industria Chimica (0.5 CFU);<br/> Termodinamica delle reazioni chimiche (1 CFU);<br/> Catalisi (1 CFU);<br/> Cinetica delle Reazioni Chimiche Omogenee (1 CFU);<br/> Cinetica delle Reazioni Chimiche Eterogenee (2 CFU);<br/> Misura ed elaborazione dei dati cinetici (1 CFU);<br/> Esempi di Processi Industriali (1.5 CFU);<br/> Esercitazioni di Laboratorio e numeriche di catalisi e cinetica (2 CFU)</p> <p><b>Testi consigliati:</b><br/> Dispense del corso.</p> |  |  |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna  |  |  |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale scritta e orale  |  |  |                     |

## Insegnamento N.5: Chimica Industriale II (2 Moduli)

|  |                  |                       |                     |
|--|------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo I: Chimica Industriale II</b>  |                  |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04/05</b>  |                  |                       | <b>CFU: 5</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare): 48ore di lezione</b>   |                  |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Acquisizione delle nozioni fondamentali sui processi di produzione e sulle proprietà di materiali inorganici metallici e ceramici e confronto con le proprietà di materiali polimerici.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Introduzione alla scienza dei materiali. Materiali metallici, ceramici e polimerici. Lo stato solido di materiali: lo stato amorfo, cristallino e semicristallino. Strutture cristalline di materiali metallici. Lo stato solido di polimeri e proprietà dello stato amorfo vetroso e gommoso. Requisiti per la cristallizzazione di polimeri e strutture cristalline di polimeri. Difetti e disordine nei solidi cristallini. Dislocazioni. Mesofasi solide, cristalli liquidi e nanostrutture. Diffrazione dei raggi X di materiali. Interpretazione di spettri di diffrazioni dei raggi X di materiali in polvere, cristalli singoli e fibre. Microscopia elettronica nello studio dei materiali. Proprietà meccaniche di materiali metallici, ceramici e polimerici. Tests meccanici: curve sforzo-deformazione, prove di impatto, fatica e durezza. Viscoelasticità di polimeri. Proprietà meccaniche di elastomeri. Meccanismi molecolari delle deformazioni di materiali. Solidificazione e cristallizzazione di materiali. Equilibri di fase. Diagrammi di stato: leghe binarie, curve di raffreddamento, eutettico, trasformazioni eutetoidica, monotettica, peritettica e peritettoidica. Diagrammi di stato ternari. Microstrutture, Proprietà e Lavorazione di Materiali Metallici. Diagramma ferro-carbonio. Acciai, Ghise, Martensite e acciai inossidabili. Materiali ceramici tradizionali e avanzati. Calce, gesso e cemento. Cemento armato e calcestruzzo. Materiali compositi. Esercizi su diagrammi di fase e curve temperatura-trasformazione-tempo, sul diagramma di stato ferro-carbonio e su acciai legati. Brevetti Industriali, Normative internazionali per la caratterizzazione tecnologica di materiali.</p> <p><b>Testi consigliati per i due moduli:</b><br/>                     W. F. Smith “<i>Scienza e tecnologia dei materiali</i>” McGraw-Hill Libri Italia srl –1995<br/>                     L. H. Van Vlack “<i>Elements of Material Science and Engineering</i>” Addison-Wesley Publishing Company 1989.<br/>                     Anthony R. West “Solid state Chemistry and its Applications” John Wiley &amp; Sons.<br/>                     Dispense scritte dal Prof. Claudio De Rosa.<br/> <i>Brevetti Industriali</i>: fotocopie di appunti dalla Prof. Auriemma.<br/>                     B. A. Amernick, "Patent law for the nonlawyer", Van Nostran Reinhold Company Inc. (1986).<br/>                     Banca dati: esp@cenet per una ricerca rapida di brevetti dal sito WEB “it.espacenet.com”.<br/>                     Annual book of ASTM standards" (1988) e sito WEB <a href="http://www.ASTM.org">www.ASTM.org</a>.</p> |                  |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b>   |                  |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova orale finale. Eventuali prove scritte in itinere e finale.   |                  |                       |                     |

|   |                  |                       |                      |
|---|------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Modulo II : Laboratorio di Chimica Industriale II</b>  |                  |                       |                      |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04/05</b>   |                  |                       | <b>CFU: 5</b>        |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione:2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:1</b> |
| <b>Altro (specificare): 8 ore di lezione e 36 ore di laboratorio</b>  |                  |                       |                      |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Tecniche di caratterizzazione di materiali inorganici metallici e ceramici e confronto con i materiali polimerici. Esercitazioni numeriche e analisi dei dati per lo studio delle relazioni tra proprietà misurate in laboratorio e organizzazione strutturale degli atomi e/o molecole.</p> <p><b>Programma del corso</b><br/>                     Fondamenti dello scattering elastico della radiazione elettromagnetica da parte della materia al basso ed alto angolo; elementi di cristallografia in relazione alla scienza dei materiali; metodi di analisi delle proprietà meccaniche e viscoelastiche dei materiali; tecniche principali di analisi termica e di microscopia (ottica ed elettronica) per la determinazione delle proprietà termiche e le morfologia dei materiali.</p> <p><b>Esercitazioni di laboratorio su relazioni proprietà-struttura di materiali.</b></p> <p><b>1- Prove meccaniche su materiali:</b><br/>                     Curve sforzo-deformazione di differenti materiali.<br/>                     Determinazione dell' isteresi meccanica di elastomeri.<br/>                     Curve di rilassamento dello sforzo (stress-relaxation) a deformazione costante.<br/>                     Curve della variazione della deformazione nel tempo, mantenendo lo sforzo costante (creep).</p> <p><b>2- Calorimetria differenziale a scansione (DSC):</b><br/>                     Differenze e analogie nel comportamento all'analisi termica di composti a bassa ed ad alta massa molecolare<br/>                     Determinazione di diagrammi di fase per via calorimetrica.<br/>                     Studio del polimorfismo di materiali.</p> <p><b>3- Diffrazione dei raggi X ad alto angolo:</b><br/>                     Determinazione di alcuni parametri strutturali di alcuni metalli e di alcuni polimeri.<br/>                     Uso delle tecniche diffrattometriche per polveri e fibre.</p> <p><b>4- Diffrazione dei raggi X al basso angolo (SAXS):</b><br/>                     Analisi di sistemi porosi (es. gel di silice) attraverso tecniche SAXS.<br/>                     Analisi di nanoparticelle metalliche in sospensioni colloidali diluite<br/>                     Studio della morfologia di materiali nanostrutturati: copolimeri a blocchi; Determinazione del tipo di nanostruttura e delle periodicità.</p> <p><b>5- Microscopia a forza atomica AFM:</b><br/>                     Analisi AFM topografica e di fase di superfici nano strutturate.<br/>                     Analisi AFM di superfici libere di materiali porosi.</p> <p><b>Esercitazioni numeriche:</b><br/>                     Reticoli cristallini. Piani di Bragg, direzioni reticolari, calcoli di distanze ed angoli di legame da coordinate frazionarie.<br/>                     Analisi SAXS di nano strutture<br/>                     Estrapolazione dei dati SAXS nei limit Porod e Guinier<br/>                     Scattering da parte di oggetti isolati vs. oggetti interferenti.<br/>                     Determinazione dell' area specifica all' interfaccia in sistemi bifasici e porosi.</p> |                  |                       |                      |
| <b>Propedeuticità:</b>  |                  |                       |                      |

## Insegnamento N.6: Chimica Fisica Industriale

|  |                   |                         |                     |
|--|-------------------|-------------------------|---------------------|
| <b>Modulo:</b> unico   |                   |                         |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM/02   |                   |                         | <b>CFU:</b> 6       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:</b> 2 | <b>Esercitazione:</b> 1 | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                         |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Il corso si propone di sviluppare negli studenti la capacità di analizzare il comportamento dei sistemi reali, chiusi e/o aperti, nei termini delle loro proprietà termodinamiche. Il corso comprende un ampio numero di esercitazioni numeriche, molte delle quali riguardano problematiche comuni della chimica industriale, che consentono agli studenti di verificare le capacità acquisite mediante lo studio degli argomenti teorici esposti.</p> <p>Programma del corso:</p> <p>La termodinamica dei sistemi reali.</p> <p>Le proprietà delle sostanze pure. Comportamento PVT di una sostanza pura. Trasformazioni di fase delle sostanze pure. Equazione di Clapeyron. Tensioni di vapore e calori latenti. Proprietà dei sistemi bifase. Dilatazione volumetrica. Capacità termiche dei solidi e dei liquidi. Capacità termiche dei gas. Valutazione delle proprietà termodinamiche per i sistemi PVT. Diagrammi termodinamici e tabelle per sistemi PVT. Il fattore di compressibilità. Equazione del viriale. Equazioni di stato empiriche. Principio degli stati corrispondenti.</p> <p>Termodinamica dei sistemi aperti.</p> <p>Equazioni di conservazione dell'energia per sistemi chiusi. Equazioni dell'energia per sistemi aperti in regime stazionario. Formulazione generale dell'equazione dell'energia. Applicazione del secondo principio ai sistemi aperti. Equazioni di bilancio dell'energia meccanica. L'ugello adiabatico. Le turbine ad azione ed a reazione.</p> <p>I gas reali.</p> <p>Energia interna, entalpia, entropia ed energia di Gibbs di un gas reale. Il problema della divergenza e definizione di fugacità. Metodi sperimentali per la valutazione della fugacità. Relazione tra le capacità termiche di un gas reale. Miscele di gas reali.</p> <p>Le soluzioni reali.</p> <p>Relazioni fondamentali delle funzioni eccesso. Attività e coefficienti di attività. Applicazioni dell'equazione di Gibbs-Duhem. Le soluzioni regolari. I metodi interpolativi dei coefficienti di attività: equazioni di Margules e di van Laar. L'espansione di Wohl per l'energia di Gibbs eccesso. L'equazioni di Wilson. I metodi NRTL ed UNIQUAC. Descrizione di sistemi con separazione di fase. I metodi predittivi dei coefficienti di attività: il metodo UNIFAC.</p> <p>Testi consigliati:</p> <p>M. M. Abbott, H. C. van Ness. Termodinamica. ETAS</p> <p>J. G. Kirkwood, I. Oppenheim. Chemical Thermodynamics. McGraw-Hill</p> <p>J. M. Parusnitz, R. N. Lichtenthaler, E. Gomes de Azevedo. Molecular thermodynamics of fluid-phase equilibria, Prentice-Hall</p> |                   |                         |                     |
| <b>Propedeuticità:</b>   |                   |                         |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale scritta ed orale.   |                   |                         |                     |

## **Curriculum Didattico: Prodotti, Processi e Tutela Ambientale**

## Insegnamento Curricolare N.1-PPTA: Tecnologie Avanzate nei Processi Chimici Industriali

|   |                   |                       |                         |
|---|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Modulo: Unico</i>  |                   |                       |                         |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM 04  |                   |                       | <b>CFU:</b> 6 (3LF+3EN) |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione:</b> 2 | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b>     |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                         |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> In questo corso verrà insegnato allo studente come impostare l'attività di laboratorio e di calcolo per acquisire i dati necessari in vista del passaggio di scala a impianto pilota o industriale, concentrando l'attenzione, in particolare, su aspetti reattoristici, modalità di separazione e trattamento degli effluenti .</p> <p><b>Programma del corso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Utilizzo di software per la modellazione matematica di processi chimici industriali</li> <li>2) Analisi, identificazione e discriminazione di modelli; determinazione parametri e relativi intervalli di confidenza.</li> <li>3) Determinazione dei parametri cinetici in un reattore batch con cinetica complessa (impiego di metodi di regressione non lineare).</li> <li>4) Studio di reazioni in presenza di ripartizione di fase             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 – Reattori gas-liquido</li> <li>4.2 – Reattori liquido-liquido</li> </ol> </li> <li>5) Studio di reazioni in presenza di fenomeni di trasferimento di calore e di materia.             <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1 – Reattori gas-liquido</li> <li>5.2 – Reattori gas-solido</li> <li>5.3 – Reattori gas-liquido-solido</li> </ol> </li> <li>6) Esercitazioni per l'apprendimento dell'uso di simulatori di processo</li> </ol> <p><b>Testi consigliati:</b><br/>Dispense delle lezioni, slides del docente. Tutto il materiale è disponibile sul sito del docente in formato pdf.</p> |                   |                       |                         |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna  |                   |                       |                         |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame orale con discussione della relazione su un tema assegnato.   |                   |                       |                         |

## Insegnamento Curricolare N.2-PPTA: Processi e Impianti di Trattamento Reflui

|   |                   |                       |                     |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: ING-IND/25 (Impianti Chimici)</b>  |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Lo Studente deve dimostrare di conoscere, saper comprendere e saper elaborare discussioni anche complesse concernenti le problematiche relative a depolverazione di correnti gassose e rimozione di inquinanti gassosi. Ciò a partire dalle nozioni qui apprese e mediante il percorso formativo dell'Insegnamento che intende fornire al Discente le conoscenze e gli strumenti metodologici appropriati. Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità operative necessarie ad applicare concretamente le conoscenze elencate sopra. Lo Studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concettuali e di progetto relativi a processi di trattamento di reflui gassosi per la rimozione di inquinanti solidi e gassosi.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Particolato in reflui gassosi. Considerazioni generali. Coefficiente di drag e bilanci di forze. Individuazione della velocità terminale di caduta al variare dei regimi operativi (Stokes, intermedio, Newton). Richiami su distribuzioni granulometriche e diametri caratteristici. Efficienze di depolverazione. Casi-studio. Separatori a gravità. Considerazioni generali ed equazioni di progetto. Tempi caratteristici per le fasi solida e gassosa. Calcolo dell'efficienza di depolverazione. Calcolo del diametro critico. Casi-studio. Ciclone. Considerazioni generali ed equazioni di progetto. Fluidodinamica del sistema. Equazione di Rosin et al. per il calcolo del diametro di cut. Calcolo dell'efficienza di depolverazione. Casi-studio. Depolveratori ad umido. Considerazioni generali ed equazioni di progetto. Cattura per meccanismi inerziali e Browniani. Torri a pioggia. Depolveratori Venturi. Equazione di Nukiyama-Tanasawa per il calcolo del diametro delle gocce. Equazione di Johnstone et al. per il calcolo dell'efficienza di depolverazione. Casi-studio. Precipitatori elettrostatici. Considerazioni generali ed equazioni di progetto. Effetto Corona. Resistività particellare. Equazione per il calcolo della velocità di migrazione elettrostatica. Equazione di Deutsch-Anderson per il calcolo dell'efficienza di depolverazione. Casi-studio. Filtri a manica. Considerazioni generali e di progetto. Rapporto aria-tessuto. Scelta del materiale filtrante. Assorbimento con reazione chimica. Considerazioni generali e richiami all'assorbimento fisico. Sistemi di interesse. Tempi caratteristici di reazione e diffusione, numero di Hatta, regimi operativi cinetico e diffusivo. Fattore di esaltazione. Reazioni estremamente veloci. Reazioni veloci. Equazioni di progetto per torri in controcorrente e sistemi agitati. Casi-studio. Adsorbimento fisico e chimico e criteri di distinzione. Energetica dell'adsorbimento. Isotherme di adsorbimento. Richiami su caratterizzazione dei solidi porosi e distribuzione porosimetrica. Metodo BET per la determinazione dell'area superficiale specifica. Stadi elementari e cinetica dei processi di adsorbimento. Impianti di adsorbimento a letto fisso. Considerazioni generali. Profili spazio-temporali di concentrazione. Curve di breakthrough. Equazioni di bilancio, di trasporto e di progetto. Metodologie di progetto di una torre di adsorbimento. Casi-studio e criteri di scale-up. Conversione termo-catalitica. Considerazioni generali. Post-combustione di composti organici volatili. Processi in presenza di letti catalitici.</p> <p><b>Fonti bibliografiche:</b><br/>                     Appunti dalle lezioni e da web-learning <a href="http://www.federica.unina.it">www.federica.unina.it</a>; L. Theodore, <i>Air Pollution Control Equipment Calculations</i>, Ed. Wiley; O. Levenspiel, <i>Chemical Reaction Engineering</i>, Ed. Wiley; W.L. McCabe et al., <i>Unit Operations of Chemical Engineering</i>, Ed. McGraw-Hill.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna.   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova orale.  |                   |                       |                     |

## Insegnamento Curricolare N.3-PPTA: Qualità, Sicurezza e Tutela Brevettuale nell'Industria Chimica

|   |                   |                       |                     |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM 04  |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione:</b> 2 | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Obiettivo del corso è di fornire una panoramica delle attuali norme di certificazione della qualità e dei criteri di controllo statistico della qualità industriale. Una seconda parte del corso riguarda le problematiche della sicurezza industriale e del rischio chimico, anche in funzione delle più recenti normative in materia. La parte finale del corso mira a fornire informazioni circa la tutela della proprietà intellettuale in ambito chimico industriale e circa le possibilità di effettuare ricerche brevettuali.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Programma del corso:</b>   |                   |                       |                     |
| 1 Qualità   |                   |                       |                     |
| Cenni storici   |                   |                       |                     |
| Introduzione al sistema qualità   |                   |                       |                     |
| Concetti di base  |                   |                       |                     |
| Struttura delle norme   |                   |                       |                     |
| Componenti e tools per il sistema qualità   |                   |                       |                     |
| Controllo statistico dei processi produttivi  |                   |                       |                     |
| 2 La sicurezza nell'industria chimica   |                   |                       |                     |
| Rischio e pericolo  |                   |                       |                     |
| Valutazione del rischio chimico   |                   |                       |                     |
| Schede di sicurezza, frasi di rischio e pericolo  |                   |                       |                     |
| Sistema REACH   |                   |                       |                     |
| Reazioni Run-away   |                   |                       |                     |
| Valutazione del rischio nell'industria di processo  |                   |                       |                     |
| Esempi applicativi  |                   |                       |                     |
| 3 Brevetti  |                   |                       |                     |
| Generalità  |                   |                       |                     |
| L'iter brevettuale in Italia e nel mondo  |                   |                       |                     |
| Struttura di un brevetto  |                   |                       |                     |
| Esempi di brevetti di argomento chimico   |                   |                       |                     |
| Ricerca brevettuale via Web   |                   |                       |                     |
| <b>Material didattico:</b>  |                   |                       |                     |
| Dispense del docente, monografie, pubblicazioni scientifiche, software  |                   |                       |                     |
| <b>Testi</b>  |                   |                       |                     |
| Crowl D.A., Louvar J.F., Chemical Process Safety. Fundamental with applications, Prentice Hall, New Jersey, 1990.   |                   |                       |                     |
| Lees F.P., Loss prevention in the process industries, Butterworth-Heinemann, London, 1996.  |                   |                       |                     |
| Jorg Steinbach, Safety Assessment for Chemical Processes, John Wiley & Sons, 11/lug/2008  |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna  |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale  |                   |                       |                     |



**Insegnamento Curricolare N.4-PPTA: Metodi Analitici per il Controllo di Qualità e di Processo**

|   |                   |                       |                     |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM/01</b>  |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Il corso si propone di approfondire tecniche analitiche avanzate per l'analisi di materiali, il monitoraggio ambientale ed il controllo degli ambienti di lavoro. Inoltre si intende presentare le applicazioni delle metodiche analitiche per il controllo della qualità di prodotti industriali e dei processi.</p> <p><b>Programma.</b><br/>                     Metodi radiochimici. Analisi per Attivazione Neutronica, Analisi per diluizione isotopica. Metodi radiometrici.. Spettrometria alfa. Spettrometria beta. Spettrometria gamma. Misura del Radon. Spettroscopie atomiche per l'analisi isotopica e di superfici. Spettroscopia elettronica (ESCA) e Spettroscopia Auger. Microscopia elettronica a scansione e microsonda elettronica. Spettrometrie di massa per l'analisi isotopica. Analisi con fasci ionici (IBA). Spettroscopi molecolari per l'analisi di superfici. Spettroscopia di riflettanza. Spettroscopia Raman.. Spettroscopia per immagini. Controllo di processo: sensori e biosensori. Fibre ottiche e guide d'onda planari. Spettroscopia con onda evanescente ed in risonanza di plasmoni (SPR). Sensori ottici. Biosensori. Sensori basati su misure elettrochimiche. Metodi immunochimici. Controllo di processo: analisi in flusso. Analisi per iniezione in flusso (FIA). Analisi in flusso sequenziale(SIA). Metodi di separazione nell'Analisi Strumentale. Cromatografia Fast. Cromatografia GC×GC. Ultra HPLC e nano HPLC. GC-ICP-MS. TGA-GC-IR e TGA-GC-MS. Reazioni di derivatizzazione in GC. Reazioni di derivatizzazione in HPLC. Metodi di separazione con campi elettrici. Tecniche di preparazione del campione per l'analisi. Estrazione con solvente. Estrazione di componenti volatili. Estrazione in fase solida. Microestrazione in fase solida. Estrazione con fluidi supercritici. Qualità ambientale: controllo di miscele gassose. Analisi dell'atmosfera. Analisi dei flussi convogliati. Analisi degli ambienti di lavoro. Qualità ambientale: controllo di acque e suoli. Campionamento delle acque e dei suoli. Analisi degli inquinanti inorganici delle acque e dei suoli. Analisi degli inquinanti organici delle acque e dei suoli.</p> <p><b>Materiale didattico.</b><br/>                     Dispense del docente.</p> <p><b>Testi.</b><br/>                     Kellner, Mermet, Otto, Widmer, Chimica Analitica, Edizione 2003, EdiSES Napoli; K.H. Koch, <i>Process Analytical Chemistry</i>, Springer; K. Bakeev, <i>Process Analytical Technology</i>, Backwell Publishing.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna  |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova orale   |                   |                       |                     |

## **Curriculum Didattico: Scienza dei Polimeri**

## Insegnamento Curricolare N.1-SP: Chimica e Tecnologia dei Polimeri

|  |                  |                       |                     |
|--|------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                  |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04-05</b>  |                  |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare): Presentazione degli studenti di materiali a scelta</b>   |                  |                       |                     |
| <p>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino: In questo corso saranno esaminati i principali polimeri di interesse industriale e nuove classi di materiali polimerici “ad alto valore aggiunto”, illustrando per ognuno di essi le tecnologie di produzione, le proprietà chimiche e fisiche, le tecnologie di trasformazione e le applicazioni. Oltre l’elenco dei polimeri riportati di seguito, saranno brevemente trattati anche i materiali compositi e i problemi ambientali legati alla produzione, al riciclo e allo smaltimento dei rifiuti di materiali polimerici. Per ogni classe di polimeri vengono fornite informazioni sui processi di produzione, sulle metodiche sintetiche utilizzate e sugli aspetti economici (costi e quantità prodotte).</p> <p>Programma del corso: <b>POLIETILENE</b>: cenni storici. Vari tipi di polietilene: LDPE, HDPE, LLDPE. Cenni ai diversi meccanismi di ottenimento e ai processi di produzione industriale. Polietilene. Struttura molecolare e morfologia. Proprietà generali e relazione proprietà-struttura per i vari tipi di polietilene. Impieghi dei vari tipi di polietilene e tecnologie di preparazione dei manufatti. Film. Extrusion Coating. Blow molding. Injection molding. Pipe. Wire and cable insulation. Ultra High modulus PE fibers. Copolimeri dell’etilene: tipi, modi di preparazione, proprietà e impieghi. Polietilene chimicamente modificati: cross-linked PE. Aspetti ambientali relativi alla produzione, allo smaltimento e al riciclo.</p> <p><b>POLIPROPILENE</b>: cenni storici. Cenni ai processi industriali di produzione. Ragioni per l’eccezionale crescita della produzione di PP. Struttura del polipropilene: catalizzatori e stereoregolarità della catena, cristallizzazione, polimorfismo e morfologia. Proprietà dell’omopolimero. Copolimerizzazione: copolimeri random e copolimeri ad alto impatto. Proprietà dei copolimeri. Rifinitura del prodotto: additivi, compounding. Impieghi dei vari tipi di polipropilene e tecnologie di preparazione dei manufatti: Injection molding. Structural foamed moldings. Blow molding. Film. Fibre e Flat Yarns. Fogli e lastre. Tubi estrusi. Aspetti ambientali. Riciclo. Pirolisi. Combustione.</p> <p><b>POLI(1-BUTENE)</b>: produzione. Cenni ai processi industriali di produzione. Struttura, proprietà fisiche e applicazioni. Polimorfismo e problemi connessi. Proprietà e relazioni proprietà-struttura. Tipi di lavorazione e applicazioni (tubi, film).</p> <p><b>POLISOBUTENE</b>: cenni ai processi industriali di produzione. Vari tipi di polimero prodotti con diverso peso molecolare. Struttura, proprietà fisiche e applicazioni dei vari tipi di poliisobutene. Gomma isobutile.</p> <p><b>POLI(4-METIL-1-PENTENE)</b>: produzione. Cenni ai processi industriali di produzione. Struttura, proprietà fisiche e applicazioni: Proprietà ottiche. Stabilità e resistenza chimica. Proprietà meccaniche. Tecniche di lavorazione. Impieghi.</p> <p><b>POLISTIRENE e COPOLIMERI dello STIRENE</b>: cenni storici. Vari tipi di polistirene: polistirene puro (PS), polistirene ad alto impatto (HIPS), copolimeri dello stirene. PS e HIPS: cenni ai processi di produzione industriale. Proprietà. Relazioni proprietà-struttura. Ragioni della loro affermazione come polimeri di massa. Schiume di polistirene: ottenimento e proprietà. Impieghi dei vari tipi di polistirene e tecnologie di preparazione dei manufatti: Injection molding, estrusione e termoformatura. Riciclo e aspetti ambientali. Copolimeri termoplastici dello stirene (SAN e ABS): trattati a parte. Copolimeri elastomerici dello stirene: gomma SBR. Copolimeri a blocco stirene-butadiene come termoelastomeri. Cenni sulla preparazione. Proprietà e impieghi.</p> <p><b>COPOLIMERI STIRENE-ACRILONITRILE (SAN)</b>: produzione. Composizione. Proprietà. Impieghi. Relazione proprietà struttura. Effetti della presenza dell’acrilonitrile.</p> <p><b>POLIMERI ACRILONITRILE-BUTADIENE-STIRENE (ABS)</b>: definizione e struttura. Preparazione. Reticolazione della fase gommosa. Additivi. Morfologia del materiale finale. Impieghi e tecnologie di preparazione dei manufatti. Caratterizzazione. dei manufatti. Relazioni proprietà struttura. Riciclo. Miscele con ABS.</p> <p><b>POLIVINILCLORURO (PVC)</b>: cenni storici. Ragioni per l’eccezionale crescita della produzione del PVC. Richiami sui vari processi per la polimerizzazione a catena. Processo in sospensione. Processo in emulsione. Processo in massa. Resistenza chimica del PVC. Morfologia. Versatilità. Tipi di PVC prodotti e loro caratteristiche. Additivi. Plasticizzanti. Impieghi dei vari tipi di PVC e loro tecnologie di lavorazione. Relazioni proprietà-struttura. Tossicologia e problemi di salute ambientale relativi alla produzione e allo smaltimento del PVC.</p> <p><b>LEZIONE</b> introduttiva su reazioni di policondensazione, cinetica e termodinamica.</p> <p><b>DISTRIBUZIONE</b> delle masse molecolari. <b>POLIMETILMETACRILATO (PMMA)</b>: produzione. Proprietà. Relazioni proprietà struttura. Impieghi e tecnologie di lavorazione del PMMA. <b>POLIAMMIDI (PA)</b>: caratteristiche generali delle poliammidi. Nylons. Cenni storici. Monomeri, sintesi e nomenclatura. Masse molecolari. Problemi relativi. PA 66 (NYLON 66). Cenni ai processi industriali di produzione. PA 6 (NYLON 6). Cenni ai processi industriali di produzione. Proprietà chimiche e fisiche dei Nylon 66 e 6. Assorbimento di acqua. Relazioni proprietà-struttura. Additivi e modifiche. Impieghi e tecnologie di lavorazione.</p> <p><b>POLIESTERI</b>: caratteristiche generali dei poliesteri. Polietilentereftalato (PET) e polibutilentereftalato (PBT). Sintesi di PET e PBT. Cenni ai processi industriali di produzione del PET. Processo da DMT e processo da AT. Analisi del prodotto ottenuto. Co-componenti e additivi. Proprietà chimiche e fisiche di PET e PBT e loro confronto. Relazione fra proprietà e struttura. Impieghi e tecnologie di lavorazione del PET e del PBT. Riciclo del PET.</p> <p><b>POLICARBONATI</b>: Caratteristiche generali dei policarbonati. Policarbonato del BisFenolo A (BFA-PC). Produzione e proprietà chimiche e fisiche del BFA-PC. Additivi. Eccezionali proprietà di questo termoplastico. Relazioni proprietà-struttura. Impieghi e tecnologie di lavorazione del BFA-PC. Riciclo.</p> <p><b>POLIMERI TERMOINDURENTI</b>: resine fenoliche, resine amminiche, PU (poliuretani), UP (poliesteri insaturi), EP (resine epossidiche).</p> <p><b>POLIMERI CONDUTTORI; POLIMERI PER ALTE TEMPERATURE</b></p> <p><i>I 18 argomenti presentati saranno di due ore ognuno con due lezioni introduttive di 2 ore. Ci saranno due presentazioni da parte degli studenti di 3 ore ciascuna.</i></p> <p>Testi di riferimento: 1) Dispense delle lezioni 2) Encyclopedia of Polymer Science and Technology vol. 1,10,11. 3) Macromolecole Scienza e Tecnologia, AIM, Pacini Editore, Pisa vol.1. 4)Edward S. Wilks Industrial polymers handbook Wiley-VCH (2001), Vol. 1-3</p> |                  |                       |                     |
| Propedeuticità:  |                  |                       |                     |
| Modalità di accertamento del profitto: Prova finale scritta e/o orale  |                  |                       |                     |

## Insegnamento Curricolare N.2-SP: Proprietà e Struttura dei Polimeri

|  |                  |                       |                     |
|--|------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                  |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04-05</b>  |                  |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                  |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                 Si intende fornire agli studenti gli strumenti teorici e metodologici per lo studio delle relazioni tra proprietà e struttura dei materiali polimeri in fase condensata (principalmente per sistemi semicristallini) prendendo in esame sia l'influenza della struttura delle catene polimeriche (costituzione e configurazione) sia quella della morfologia risultante dalla storia termo-meccanica a cui il materiale viene sottoposto.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                 Aspetti generali delle Proprietà dei polimeri: Proprietà che dipendono dalla catena singola e proprietà che dipendono dalle interazioni tra catene. Stato cristallino e stato amorfo o fuso polimerico. Catena singola: funzione di correlazione tra distanze di segmenti della catena e lunghezza di persistenza. Catena Ideale e Funzione di Debye. vs. Catena espansa. Esponenti critici e dimensioni frattali della catena ideale e quella espansa. Catena ideale e fuso polimerico. Modello RIS ed entropia di fusione dei polimeri. Catena espansa. Blob termico e cross over: da rigid rod -a- Catena ideale - a - coil espanso.<br/>                 Soluzioni diluite e semidiluite: Ruolo delle interazioni. Pressione osmotica e secondo coefficiente del viriale (interazioni a due corpi). Zimm Plot: determinazione del raggio di girazione, della massa molecolare media pesata e del secondo coefficiente del viriale. Sistemi concentrati e distanza di correlazione caratteristica per lo schermo delle interazioni di volume escluso tra segmenti di catena per effetto della presenza di altre catene in sistemi entangled. Concetto di screening length secondo Sam Edwards. Variazione della screening length con la concentrazione e cross-over dalla catena espansa alla catena ideale all' aumentare della concentrazione: Ipotesi di Flory delle dimensioni del coil nei fusi polimerici. Aspetti cinetici della separazione di fase in soluzioni polimeriche e in blends polimeriche. Stadi iniziali della decomposizione spinodale. Fluttuazione termiche vs. fluttuazioni della concentrazione. Temperatura critica e aumento delle fluttuazioni di concentrazione. La decomposizione spinodale come transizione di fase del secondo ordine termodinamico. Teoria di Cahn, Hilliard, and Cook e derivazione dello scattering critico secondo de Gennes e Binder. Random Phase Approximation. Distanza di correlazione delle fluttuazioni di concentrazione e divergenza di detta distanza al punto critico. Binodale e decomposizione binodale. Ultimi stadi della separazione di fase e self similarità morfologica su diverse scale di lunghezza nell' approccio dello stato di equilibrio con separazione macroscopica delle fasi. Lo stato cristallino. Differenza fra molecole piccole e polimeri. Prerequisiti per la cristallizzabilità dei polimeri. Polimeri regolari e stereoregolari. Come cristallizza un polimero. Stato semicristallino e grado di cristallinità di un materiale polimerico. Grado di cristallinità. Determinazione del grado di cristallinità per via densitometrica, dilatometrica e calorimetrica. Accenni ad altri metodi alternativi di tipo spettroscopico. Differenze e limiti dei vari metodi. Cristallizzazione dei polimeri - Cristallizzazione dal fuso. Aspetti termodinamici e aspetti cinetici. Estrapolazione Gibbs-Thomson. Velocità di cristallizzazione e sua dipendenza dalla temperatura. Cristallinità assoluta e cristallinità apparente. Cristallizzazione primaria e cristallizzazione secondaria. Nucleazione primaria omogenea ed eterogenea. Equazione di Avrami e suoi limiti. Parametri coinvolti nella nucleazione primaria omogenea: molecole piccole e nucleo sferico; polimeri e nucleo a forma di parallelepipedo. Nucleazione secondaria ed accrescimento di cristalli singoli di polimero in regime I. Teoria di Hoffman e Lauritzen, miti e fatti. Accordo fra previsione della teoria e osservazioni sperimentali. Metodo di Strobl e metodo di Hoffmann-Weeks per l' estropolazione della temperatura termodinamica di fusione. Trattamenti termici e temperature di fusione. - Fenomeni di ricottura. Comportamento termico di un materiale polimerico semicristallino. Analisi DSC di un campione polimerico al variare della velocità di riscaldamento: discussione dei possibili comportamenti. Influenza dei possibili fenomeni di ricristallizzazione e di surriscaldamento sull'aspetto del diagramma osservato. Temperatura di fusione termodinamica di un cristallo perfetto di polimero e sua determinazione.<br/> <i>Morfologia del cristallo singolo.</i> Ottenimento di cristalli singoli da soluzioni diluite con la tecnica dell'autonucleazione. Osservazione della forma e delle dimensioni dei cristalli mediante microscopia elettronica per trasmissione (TEM). Diffrazione elettronica di cristalli singoli. "Chain folding" e modelli ipotizzati. Misurazione delle dimensioni dei cristalli mediante diffrazione dei raggi X al basso angolo. Effetti della temperatura di cristallizzazione sulle dimensioni dei cristalli. Valutazione del grado di cristallinità lineare dei cristalli dal loro spessore e dallo spessore delle porzioni amorfe ad essi associati. <i>Morfologia sferulitica.</i> Condizioni di ottenimento. Osservazioni al microscopio ottico e loro interpretazione. Osservazioni al microscopio elettronico a scansione (SEM). Organizzazione delle lamelle nello sferulita durante le varie fasi di accrescimento. Dimensioni degli sferuliti e delle lamelle che lo costituiscono. Influenza della temperatura di cristallizzazione. Spettro ai raggi X di un campione polimerico sferulitico e sua utilizzazione per determinare il grado di cristallinità e le dimensioni dei cristalli. <i>Morfologia fibrosa.</i> Nuclei lineari e Cristalli a catena estesa. "Shish-kebabs". Effetto dello shear sulla cinetica di cristallizzazione.</p> <p><b>TESTI CONSIGLIATI</b><br/>                 1) Strobl, G. <i>The Physics of Polymers</i> Springer; 2007; AIM - "Macromolecole, Scienza e Tecnologia" - Pacini Editore - Pisa Vol. I e Vol. II (1983) con particolare riferimento ai seguenti capitoli: Vol. I - Cap. I-1.3. Analisi conformazionale - I-2.2. Diffrattometria dei raggi X. Vol. II - Cap. V-1. Lo stato cristallino (Lo stesso argomento è trattato anche nel capitolo 8 di una più recente versione in un unico volume del testo dell'AIM dal titolo "Fondamenti di Scienza dei Polimeri" uscito alla fine del 1998, sempre a cura della Pacini Editore).<br/>                 2) "Polymers, Liquid Crystals, and Low-Dimensional Solids" Edited by N.March and M.Tosi - Plenum Press – 1984 A.Keller : Capitoli 1-5 (morfologia e cristallizzazione)<br/>                 3) Per la parte "Morfologia" D. C. Bassett, <i>Principles of Polymer Morphology</i>, Cambridge University Press, Cambridge, 1981.</p> |                  |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b>   |                  |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale scritta e/o orale   |                  |                       |                     |

### Insegnamento Curricolare N.3-SP: Chimica dei Materiali Avanzati

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM 03</b>   |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Verranno illustrati gli aspetti sintetici, strutturali, chimico-fisici e le potenziali applicazioni di alcune classi di materiali avanzati con particolare riguardo a quelli per applicazioni in elettronica e fotonica.</p> <p><b>Richiami di Meccanica Quantistica.</b> Equazione di Schroedinger dipendente e indipendente dal tempo; particella libera; numero d'onda; particella nella scatola: caso unidimensionale con dimostrazione; scatola cubica (s.d.); effetto tunnel; statistica di Boltzmann e di Fermi-Dirac. Simmetria dei cristalli. Reticoli di Bravais. Reticolo diretto. Serie di Fourier. Reticolo reciproco.</p> <p><b>Teoria dei metalli.</b> Modello di Sommerfeld dell'elettrone libero; livello di Fermi; elettrone in un potenziale periodico; teorema di Bloch; modello di Kronig e Penney; bande di energia; approssimazione del legame forte e del legame debole; zone di Brillouin; massa effettiva; densità degli stati; superconduttività.</p> <p><b>Semiconduttori inorganici.</b> Modello a bande dei semiconduttori; conduzione con elettroni e buche; semiconduttori intrinseci ed estrinseci; legge di azione di massa; semiconduttori estrinseci; drogaggio; livello di Fermi nei semiconduttori; dipendenza della conduttività dalla temperatura: regime estrinseco, regime di esaurimento, regime intrinseco; mobilità dei portatori di carica: scattering da fononi e da impurezze; generazione e ricombinazione dei portatori di carica, vita media e lunghezza di diffusione; elementi del IV gruppo; composti intermetallici III-V; altri composti inorganici semiconduttori; metodi per la preparazione dei cristalli. Dispositivi a semiconduttore: teoria della giunzione <i>p-n</i>. Rettificatori, fotocellule, celle fotovoltaiche, transistor.</p> <p><b>Conducibilità elettrica in materiali organici.</b> Il meccanismo di hopping. Effetti intracatena e intercatena. Meccanismo di generazione dei portatori di carica.</p> <p><b>Polimeri conduttori.</b> Generalità; classi principali; drogaggio dei polimeri conduttori; conducibilità; spettri di assorbimento; solubilità; proprietà elettrochimiche; preparazione elettrochimica dei polimeri conduttori; preparazione elettrochimica di polipirrolo, polianilina e politiofene; poliacetilene e derivati; proprietà di base dei polimeri coniugati; livelli elettronici; proprietà ottiche; effetto delle catene laterali.</p> <p><b>Derivati solubili del poli(tiofene).</b> Sintesi di poli(3-alciltiofeni); regioregolarità dei poli(3-alciltiofeni); sintesi col metodo della ossidazione chimica; sintesi col metodo di metatesi di Grignard e McCullough; sintesi col metodo di Rieke; sintesi con reazioni di accoppiamento di Suzuki e Stille; sintesi di politiofeni con catene laterali coniugate; sintesi di poli(3-alcossitiofeni).</p> <p><b>Poli(fenilene-vinilene) e derivati.</b> Sintesi col metodo precursore di Wessling; sintesi col metodo di Gilch; sintesi con reazione di accoppiamento di Heck; sintesi con metodo di Wittig; sintesi per condensazione di Knoevenagel; sintesi di poli(fenilenevinilene); metodo catalitico Pd(0); metatesi di alchini.</p> <p><b>Semiconduttori organici.</b> Transistor organici a effetto di campo (OFET); dispositivi e caratteristiche; requisiti molecolari; struttura cristallina; morfologia dei film; aceni e oligofenilene; molecole basate sul tiofene; sistemi aromatici bidimensionali.</p> <p><b>Materiali con proprietà ottiche nonlineari del secondo ordine.</b> Generalità; nonlinearietà nei materiali e nelle molecole; metodi sperimentali per la misura delle nonlinearietà molecolari; ottimizzazione delle nonlinearietà molecolari; materiali con proprietà nonlineari quadratiche; polimeri con attività NLO quadratica; sistemi guest-host; polimeri side-chain; polimeri main-chain; sistemi cross-linked e vetri organici; sistemi dendrimerici.</p> <p><b>Cristalli Liquidi.</b> Ordine orientazionale e posizionale nei cristalli liquidi; fase nematica; parametro d'ordine; fasi smettiche A e C; cristalli liquidi chinali; fasi colesteriche e smettiche C*; caratteristiche chimico-strutturali dei cristalli liquidi; molecole rod-loke; metodi sperimentali per il riconoscimento di fasi liquido cristalline: calorimetria differenziale a scansione, microscopia in luce polarizzata, diffrazione dei raggi X; caratteristiche ottiche dei cristalli liquidi: birifrangenza; orientamento dei cristalli liquidi per effetto elettrico, magnetico, meccanico; cella a cristallo liquido in configurazione twisted; display a cristalli liquidi.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova orale  |                   |                       |                     |

## Insegnamento Curricolare N.4-SP: Metodi di Caratterizzazione dei Materiali Polimerici

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM 04-05</b>  |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare): 48 ore di lezione</b>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Acquisizione dei principali metodi per la caratterizzazione strutturale e delle proprietà chimico-fisiche dei polimeri.</p> <p><b>Contenuti:</b><br/>Principi generali e esempi di utilizzo di alcune tecniche per la caratterizzazione dei materiali polimerici quali: diffrazione dei raggi X, spettroscopia FTIR e RAMAN, spettroscopia <math>^{13}\text{C}</math> NMR in soluzione e allo stato solido, microscopia ottica, tecniche di determinazione di massa e dimensione di macromolecole.</p> <p><b>Programma analitico del corso:</b><br/>Diffrazione dei raggi X: breve richiamo di alcuni principi generali. Orientazioni preferenziali nei polimeri: orientazione della fase cristallina e della fase amorfa. Nomenclatura dei vari tipi di orientazione molecolare della fase cristallina e riconoscimento di esse attraverso la diffrazione dei raggi X. Figure polari: ottenimento e interpretazione delle figure polari, esempi di figure polari di fibre e film di polimeri con diverso grado e tipo di orientazione. Grado di orientazione della fase cristallina e determinazione del parametro d'ordine di Hermans.<br/>Spettroscopia FTIR e RAMAN: breve richiamo di alcuni principi generali. Spettri vibrazionali di polimeri: regole di selezione, informazioni deducibili dagli spettri vibrazionali di polimeri, esempi di spettri FTIR e RAMAN di alcuni polimeri. Tecniche sperimentali per l'acquisizione degli spettri vibrazionali. Analisi delle orientazioni preferenziali di fibre e film di polimeri mediante spettroscopia FTIR.<br/>Spettroscopia NMR: richiamo di alcuni principi generali. Spettroscopia <math>^{13}\text{C}</math> NMR di polimeri, effetto <math>\gamma</math>-gauche, regole di Grant e Paul, informazioni ottenibili dagli spettri <math>^{13}\text{C}</math> NMR di polimeri. Spettroscopia <math>^{13}\text{C}</math> NMR allo stato solido: effetti di impacchettamento, interpretazione di spettri <math>^{13}\text{C}</math> NMR di polimeri allo stato solido. Tecniche sperimentali: Disaccoppiamento dipolare, magic angle spinning (MAS) e Cross Polarization (CP).<br/>Microscopia ottica: principi generali. Microscopia ottica in luce polarizzata: analisi delle orientazioni preferenziali di polimeri. Grado di orientazione della fase amorfa mediante misure di birifrangenza.<br/>Masse molecolari di polimeri: definizioni delle masse molecolari medie e funzioni di distribuzione delle masse molecolari. Tecniche di determinazione di massa, dimensioni e forma di macromolecole: Metodi basati sulle proprietà colligative: osmometria. Analisi dei gruppi terminali. Volumi idrodinamici: viscosimetria. Metodi basati sulla diffusione di radiazione: light scattering, Zimm plot, diffrazione dei raggi X e dei neutroni al basso angolo (SAXS e SANS), spettrometria di massa, diffusione dinamica di macromolecole in soluzione.<br/>Tecniche di determinazione delle curve di distribuzione dei pesi molecolari di polimeri: cromatografia per permeazione su gel (GPC).</p> <p><b>Testi consigliati:</b><br/>Dispense del docente.<br/>L.E. Alexander "X-Ray Diffraction Methods in Polymer Science" R.E. Krieger Publishing Co., Huntington, N.Y.<br/>B. Blümich "Essential NMR" Springer Ed. 2005.<br/>E.A. Tonelli and J.L. White "NMR Spectroscopy of Polymers" Physical Properties of Polymers Handbook Springer Ed. 2007 Chapter 20, p. 359.<br/>R.M. Silverstein, F.X. Webster, D.J. Kiemle "Spectrometric Identification of Organic Compound" John Wiley &amp; Sons Ed. 2005.<br/>AIM "Fondamenti di Scienza dei Polimeri" Pacini Editore.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna.  |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale.  |                   |                       |                     |

## **Curriculum Didattico: Formulazioni Industriali**

## Insegnamento Curricolare N.1-FI: Chimica fisica delle formulazioni

|   |                   |                       |                     |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Modulo: Unico</i>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM/02  |                   |                       | <b>CFU:</b> 6       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione:</b> 2 | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Il corso si pone l'obiettivo di fornire allo studente competenze nella progettazione, preparazione e caratterizzazione termodinamica, dinamica e spettroscopica di formulati colloidali di interesse industriale. Inizialmente si ricapitolano ed approfondiscono le competenze termodinamiche di base; vengono quindi introdotti i principi della termodinamica dei colloidi e delle interfasi. Nell'ultima parte del corso si presentano alcune formulazioni industriali scelte come esempio. Parallelamente, vengono illustrati i principali metodi di caratterizzazione chimico-fisica di sistemi colloidali, con particolare riguardo a quelli basati sullo <i>scattering</i> di radiazioni e sulla spettroscopia di risonanza magnetica</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Richiami dei concetti di termodinamica: funzioni termodinamiche ausiliari, grandezze parziali molari, potenziale chimico. Soluzioni ideali, atermiche, regolari e non ideali. Stabilità termodinamica dei sistemi. Fenomeni interfasali, la tensione superficiale. Natura delle forze intermolecolari: volume escluso, interazioni elettrostatiche, forze disperdenti.<br/>                     Sistemi anfifilici: tipologia, proprietà chimico-fisiche e strutturali. <i>Self-assembly</i>. Isoterma di Gibbs. Termodinamica della micellizzazione. La concentrazione critica micellare (CMC), metodi di misura, effetti della temperatura e degli elettroliti sulla CMC. Parametro di impacchettamento. Krafft point e cloud point. Mesofasi liquido-cristalline. Diagrammi di fase di sistemi anfifilici. Emulsioni e microemulsioni. Bilancio idrofilico-idrofobico (HLB). Stabilità dei sistemi colloidali: teoria DLVO. Temperatura di inversione di fase (PIT). Curvatura e rigidità delle superfici. Comportamento di fase. Colloidi liofili, liofobi e di associazione. Principali agenti disperdenti. Preparazione e proprietà cinetiche, reologiche, ottiche, elettriche. Proprietà di trasporto nei sistemi polifasici.<br/>                     Progettazione, preparazione e caratterizzazione di formulazioni colloidali di interesse industriale ed individuazione dei parametri chimico-fisici che ne determinano le prestazioni.<br/>                     Tecniche di <i>scattering</i>: <i>light scattering</i> statico e dinamico, <i>small angle neutron scattering</i>.<br/>                     Tecniche spettroscopiche impiegate nella caratterizzazione strutturale di sistemi aggregati; risonanza magnetica nucleare, risonanza di spin elettronico e loro applicazioni.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> nessuna  |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale  |                   |                       |                     |



## Insegnamento Curricolare N.2-FI: Industria delle Formulazioni

|   |                 |                       |                     |
|---|-----------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Modulo:</i>  |                 |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM04</b>   |                 |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione:</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                 |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Il Corso si pone come obiettivo iniziale quello di inquadrare nel panorama nazionale ed internazionale i diversi settori dell'industria delle formulazioni. Saranno affrontati i temi generali legati alla formulazione (Progettazione dei formulati e tecniche di R&amp;D, processi industriali per la formulazione) che verranno successivamente applicati a casi specifici scelti come esempio.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     L'Industria delle Formulazioni: settori, mercati, aziende.<br/>                     Progettazione della Formulazione: Individuazione dei fattori da considerare prima della sperimentazione (Stakeholders, dati di mercato, criteri di performance, restrizioni regolamentari); Principi di Design of Experiment (DOE). Analisi dei risultati. Metodi Predittivi.<br/>                     Ingredienti funzionali per la formulazione: disperdenti, emulsionanti, antimicrobici, leganti, fluidificanti, etc.<br/>                     Processi industriali per la formulazione: granulazione, essiccamento, emulsioni, dispersioni, sospensioni, movimentazione di liquidi ad alta viscosità, cristallizzazione, confezionamento.<br/>                     L'industria delle Vernici e degli Inchiostri. L'industria degli Adesivi.</p> |                 |                       |                     |
| <b>Propedeuticità: Nessuna</b>  |                 |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto: Prova Finale Orale</b>  |                 |                       |                     |

### Insegnamento Curricolare N.3-FI: Formulazioni Polimeriche

|  |                 |                       |                     |
|--|-----------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Modulo:</i>   |                 |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM04</b>  |                 |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                 |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Il corso si propone di fornire allo studente le competenze necessarie ad affrontare problematiche industriali connesse alla formulazione di polimeri e loro miscele, per l'ottenimento di manufatti con proprietà mirate, secondo diverse tecnologie di produzione. In particolare saranno illustrati i recenti progressi raggiunti nella tecnologia della miscelazione di polimeri e sulla tipologia e ruolo degli additivi in formulazioni a base polimerica, in applicazioni che riguardano materiali con elevata resistenza all' impatto, all' abrasione, alla frattura, coating di superfici e materiali per usi speciali.</p>  |                 |                       |                     |
| <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     * Polimeri semicristallini e amorfi<br/>                     * Agenti Nucleanti e Polimorfismo, Acceleratori del processo di cristallizzazione, chiarificanti,<br/>                     * Miscelazioni polimeriche per l' ottenimento di materiali ad elevate resistenza meccanica e alla frattura. Formulazioni a base polimerica con rinforzo gommoso, ad elevata resistenza all' impatto e loro comportamento in prove di fatica. Miscela polimeriche rinforzate.<br/>                     * Classificazione degli additivi polimerici, metodi di miscelazione, principi, azioni e tossicità: Plasticizzanti, Fillers, modificazione e miglioramento delle superfici, coloranti, Pigmenti e coloranti organici, Sbiancanti ottici organici ed inorganici, Additivi con proprietà antimicrobiche, Ritardanti di fiamma e meccanismi d'azione, Lubrificanti, Additivi antistatici, Additivi antiscivolo, Additivi antiappannanti, Additivi Antiblocking, Degradazione idrolitica, e stabilizzanti rispetto alla de-idroclorurazione. Stabilizzanti in generale (Scavengers di acidi, Composti stagno-alchilici, Deattivatori/attivatori metallici, Degradazione ossidativa, Autossidazione, Inibitori dell' autossidazione, Stabilizzanti UV, Agenti di Blowing, Compatibilizzanti,<br/>                     * Formulazioni a base di compositi a matrice polimerica.</p> |                 |                       |                     |
| <p><b>Lecture consigliate</b><br/>                     Donald R. Paul, Clive B. Bucknall: Polymer Blends: Formulation and Performance, Two-Volume Set; ISBN: 978-0-471-24825-5. Wiley: 2000<br/>                     Johannes Karl Fink A Concise Introduction to Additives for Thermoplastic Polymers. ISBN: 978-0-470-60955-2 Wiley: 2010</p>  |                 |                       |                     |
| <b>Propedeuticità: Nessuna</b>   |                 |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto: Prova Finale Orale</b>   |                 |                       |                     |

## Insegnamento Curricolare N.4-FI: Reologia

|   |                    |                       |                        |
|---|--------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |                    |                       |                        |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: ING/IND24</b>  |                    |                       | <b>CFU: 6</b>          |
| <b>Ore di studio per ogni ora di: 2</b>   | <b>Lezione: 30</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio: 25</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                    |                       |                        |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Obiettivi formativi: Il corso si propone di: 1) illustrare la fenomenologia relativa al comportamento reologico di fluidi a carattere newtoniano e non, 2) fornire strumenti utili per la caratterizzazione reologica di tali fluidi, 3) fornire strumenti per la trattazione quantitativa di problemi di flusso di interesse processistico</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Fluidi newtoniani e richiami dell'equazione di Navier-Stokes. Il caso dei moti viscosi e la teoria della lubrificazione. Fluidi non-newtoniani. Fenomenologia. Fluidi con viscosità variabile. Shear thinning. Moto in tubi. Viscoelasticità e numero di Deborah. Die swell. Reometria "viscosa". Reometri rotazionali. Reometri a capillare. Viscosimetro a caduta di sfera. Melt Flow Index. La misura della risposta elongazionale. Reometria "viscoelastica". Viscoelasticità lineare. Risposta in frequenza. Step strain. Differenze di sforzi normali. Start-up. Equazioni costitutive per la reologia di fluidi viscoelastici. Equazioni costitutive di tipo integrale e di tipo differenziale. Soluzione per flussi spazialmente omogenei (flussi semplici). Comportamento reologico dei materiali polimerici. Blend polimerici. Polimeri caricati e nano strutturati. La processazione di polimeri termoplastici. L'estrusore. La sezione di trasporto del solido, la sezione di fusione e la sezione di pompaggio. Il "punto di lavoro" dell'estrusore. Cenni sull'effetto della reologia sul punto di lavoro.</p> <p><b>Testi consigliati:</b><br/>                     Lezioni ed esercitazioni Materiale didattico: M. M. Denn, "Process Fluid Mechanics", Prentice-Hall (1980) C. W. Macosko, "Rheology - Principles, Measurements and Applications", Wiley (1994). Appunti delle lezioni</p> |                    |                       |                        |
| <b>Propedeuticità:</b> nessuna  |                    |                       |                        |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Esame Orale   |                    |                       |                        |

## **Insegnamenti Opzionali consigliati**

## Insegnamento: Strategie di Intervento per la Riduzione dell'Impatto Ambientale dei Processi Chimici

|   |                   |                       |                     |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Modulo: Unico</i>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: ING-IND/25</b>   |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Lo scopo del Corso è quello di analizzare le possibili cause di impatto ambientale dei processi chimici e quale può essere il ruolo di un operatore di cultura chimica nel contrastarle e minimizzarne gli effetti.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Emissioni e rifiuti inquinanti delle attività produttive. Principali categorie di emissioni e rifiuti e loro provenienza. Gerarchia e articolazione degli interventi volti alla riduzione dell'impatto ambientale dei processi produttivi.<br/>                     Principi e obiettivi di "Green Chemistry". Metodo dei contributi di gruppo per la valutazione delle proprietà chimico-fisiche ambientalmente rilevanti. Stima della persistenza dei prodotti chimici nell'ambiente. Stima della biodegradabilità globale. Processi e prodotti chimici più sicuri: metodo combinatoriale per la selezione di vie di sintesi maggiormente eco-compatibili. Fattori di eco-compatibilità nello sviluppo dei processi chimici. Valutazione del ciclo di vita (LCA).<br/>                     Recupero di materia ed energia dai rifiuti, sia pericolosi che non pericolosi.<br/>                     Processi depurativi di effluenti gassosi: assorbimento, adsorbimento, catalisi ambientale, riduzione delle emissioni di ossidi di zolfo e di azoto, abbattimento di polveri.<br/>                     Effluenti liquidi industriali: caratterizzazione, fattori di inquinamento e analiti. Processi depurativi di effluenti liquidi industriali: coagulazione, flocculazione, precipitazione chimica, sedimentazione, flottazione, filtrazione, separazione per mezzo di membrane, adsorbimento, scambio ionico, reazioni di ossido-riduzione. Depurazione di effluenti liquidi urbani.<br/>                     Gestione dei rifiuti solidi: elementi funzionali della generazione, della raccolta, dell'immagazzinamento, del trasporto, dei trattamenti e dello smaltimento finale. Trattamenti di tipo inorganico per la stabilizzazione dei rifiuti solidi: processi a base cementizia, con miscele calce-pozzolana, di autocementazione, di vetrificazione. Trattamenti di tipo organico per la stabilizzazione dei rifiuti solidi: inglobamento in matrice termoplastica, in matrice polimerica reticolata e incapsulamento. Valutazione dell'efficienza dei processi di stabilizzazione dei rifiuti solidi: test di rilascio e loro classificazione in rapporto alle caratteristiche e in rapporto alle finalità. Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.</p> <p><b>Fonti bibliografiche</b></p> <p>Appunti dalle lezioni.<br/>                     D.T. Allen, D.R. Shonnard, <i>Green Engineering</i>, Prentice Hall PTR.<br/>                     J.R. Conner, <i>Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes</i>, Van Nostrand Reinhold.</p> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna  |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale  |                   |                       |                     |

**Insegnamento: Progettazione degli esperimenti per gli studi di laboratorio e per lo sviluppo di formulazioni**

|   |                   |                       |                     |
|---|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: CHIM/04</b>  |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>   |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Lo studente deve dimostrare di conoscere le problematiche relative alla progettazione degli esperimenti, sia di tipo generale che quelli dedicati, in particolare, alla realizzazione di formulazioni industriali individuando i parametri essenziali che concorrono a conferire determinate caratteristiche finali. Deve dimostrare di padroneggiare le tecniche matematico-statistiche di base per l'elaborazione ed interpretazione dei dati raccolti. Lo studente deve dimostrare di essere in grado di analizzare casi reali di progettazione degli esperimenti per studi di laboratorio e per formulazioni. Deve inoltre essere in grado di progettare una sperimentazione specifica per la realizzazione di formulazioni industriali oppure relativa ad uno studio di laboratorio (ad esempio uno studio cinetico).</p>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Il corso è focalizzato sull'applicazione delle tecniche matematico-statistiche del DOE (design of experiments) alla progettazione di esperimenti dedicati a studi di laboratorio o allo sviluppo di formulazioni industriali. Gli argomenti trattati nel corso sono organizzati secondo una sequenza che normalmente si incontra nell'attività pratica della progettazione degli esperimenti: 1 – ipotesi del modello, 2- progettazione di esperimenti per la validazione del modello, 3 – raccolta dati, 4 – fitting del modello per la descrizione dei dati sperimentali.<br/>                     Il corso si articola in tre sezioni:<br/>                     1 – Attività preliminari per la progettazione di esperimenti; descrizione dello spazio della miscela, analisi dei modelli più comuni per formulazioni di miscele.<br/>                     2 – Progettazione di esperimenti, valutazione ed eventuale modifica del design.<br/>                     3 – Analisi attraverso fitting, validazione dei modelli sviluppati. Introduzione del concetto di “effetto”. Metodi elementari di ottimizzazione.<br/>                     Alcuni casi-studio relativi a formulazioni industriali saranno presentati e discussi. Verranno forniti allo studente anche i fondamenti della statistica industriale (es. carte di controllo).</p> |                   |                       |                     |
| <p><b>Fonti bibliografiche:</b><br/>                     Dispense delle lezioni, slides del docente. Tutto il materiale è disponibile sul sito del docente in formato pdf.</p>  |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna.   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova orale.  |                   |                       |                     |

## Insegnamento: TECNOLOGIE DEI BIOMATERIALI

|   |                |                |              |
|---|----------------|----------------|--------------|
| Modulo: UNICO   |                |                |              |
| Settore Scientifico Disciplinare: CHIM/04   |                |                | CFU: 6       |
| Ore di studio per ogni ora di:  | Lezione: 2 ore | Esercitazione: | Laboratorio: |
| Altro (specificare):  |                |                |              |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Il modulo e' finalizzato ad acquisire le conoscenze e le competenze riguardo la progettazione , produzione e caratterizzazione strutturale e funzionale di biomateriali. Dopo aver superato positivamente la prova di esame, gli studenti saranno in grado di applicare le diverse competenze acquisite per l'ingegnerizzazione e produzione industriale dei biomateriali con impieghi in campi quali la medicina rigenerativa, l'ingegneria dei tessuti ed il rilascio controllato di farmaci</p>            |                |                |              |
| <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Considerazioni generali sui biomateriali, Materiali metallici, Materiali ceramici, Proprietà reologiche e di trasporto: 12 ore<br/>                     La matrice extracellulare e i tessuti biologici, Biocompatibilita' e interazioni tessuto materiale: 12 ore<br/>                     Materiali per rilascio controllato di farmaci e loro tecnologie di produzione: 8ore<br/>                     Tecnologie di preparazione per l'ingegneria dei tessuti: 8 ore<br/>                     Progettazione e produzione di protesi: 8 ore</p> |                |                |              |
| <p><b>Testi consigliati:</b><br/>                     Biomateriali. Dalla scienza dei materiali alle applicazioni cliniche, autori Andrea Bagno e Carlo Di Bello Editore Patron<br/>                     Biomateriali per protesi e organi artificiali, autore Riccardo Pietrabissa, Editore Patron</p>   |                |                |              |
| <b>Propedeuticità:</b> nessuna  |                |                |              |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> esame scritto e orale   |                |                |              |

## Insegnamento : Catalisi di Polimerizzazione

|   |           |                |               |
|---|-----------|----------------|---------------|
| Modulo: Unico   |           |                |               |
| Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04/05  |           |                | CFU: 6        |
| Ore di studio per ogni ora di:  | Lezione:2 | Esercitazione: | Laboratorio:1 |
| Altro (specificare): 36 ore di lezione e 12 ore di laboratorio  |           |                |               |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b><br/>                 Studio dei processi di polimerizzazione di alfa-olefine promossi da catalizzatori Ziegler-Natta eterogenei ed omogenei. Meccanismi delle reazioni enantioselettive di polimerizzazione e studio delle relazioni tra struttura dei catalizzatori, microstruttura delle catene polimeriche e proprietà fisiche dei polimeri. Metatesi di olefine. Polimerizzazioni ad apertura di anello.</p>   |           |                |               |
| <p><b>PROGRAMMA ANALITICO</b><br/>                 Questo corso si propone di fornire agli studenti della laurea specialistica una conoscenza dettagliata dei principali processi di polimerizzazione di alfa-olefine promossa da catalizzatori eterogenei di interesse industriale e dai nuovi catalizzatori omogenei basati su metalli dei Gruppi 4-10. Ad ognuno dei punti sotto elencati corrisponderanno 2 ore di lezione integrate con laboratorio.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Le reazioni di polimerizzazione mediante catalisi di coordinazione.</li> <li>2) Aspetti teorici e sperimentali.</li> <li>3) Polimerizzazione Ziegler-Natta. Storia della scoperta. Meccanismo della polimerizzazione del propene con triclورو di titanio.</li> <li>4) Catalizzatori Ziegler-Natta ad alta resa di ultima generazione e di utilizzo industriale. Polimerizzazione del propene con catalizzatori eterogenei e ruolo dei donori interni ed esterni.</li> <li>5) Studio dell'enantioselettività nella polimerizzazione del propene promossa da catalizzatori Ziegler-Natta eterogenei.</li> <li>6) Relazione tra microtassia dei polimeri e meccanismo di reazione.</li> <li>7) Introduzione alla catalisi di polimerizzazione promossa da catalizzatori omogenei a struttura definita.</li> <li>8) Tecniche di polimerizzazione con catalizzatori metallocenici e confronto con processi Ziegler-Natta eterogenei.</li> <li>9) Relazioni tra struttura del precursore catalitico e microstruttura dei polimeri ottenuti.</li> <li>10) Catalisi di polimerizzazione promossa da metalli del Gruppo 8-10.</li> <li>11) Nuove frontiere della catalisi di coordinazione.</li> <li>12) Insegnamento delle tecniche in atmosfera controllata utilizzate nella sintesi di polimeri.</li> <li>13) Caratterizzazione dei polimeri ottenuti in laboratorio da processi eterogenei ed omogenei: frazionamento di polimeri per estrazione con solventi al punto di ebollizione;</li> <li>14) Caratterizzazione microstrutturale dei polimeri mediante <sup>13</sup>C NMR.</li> <li>15) Esempi di polimeri ottenuti da catalisi combinata (catalisi di coordinazione e catalisi radicalica).</li> <li>16) Metatesi di olefine e definizione</li> <li>17) Catalisi di polimerizzazione ad apertura di anello (Ring opening polymerization, ROP);</li> <li>18) Polimerizzazione di lattidi e cenni alla copolimerizzazione di CO<sub>2</sub> ed epossidi.</li> </ol> Ad ognuno dei 18 punti elencati corrisponderanno due ore di lezione frontale. |           |                |               |
| <b>Propedeuticità:</b> nessuna  |           |                |               |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale scritta e/o orale e valutazione delle relazioni di laboratorio.  |           |                |               |



**Insegnamento: Processi di Termoconversione dei Solidi Finalizzati alla Produzione di Energia**

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico Disciplinare: ING-IND/25 (Impianti Chimici)</b>   |                   |                       | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                 Lo Studente deve dimostrare di conoscere, saper comprendere e saper elaborare discussioni anche complesse concernenti le problematiche relative a combustibili solidi tradizionali ed alternativi, processi di combustione e gassificazione con rimozione di inquinanti gassosi (es.: SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) e reimpiego delle ceneri. Ciò a partire dalle nozioni qui apprese e mediante il percorso formativo dell’Insegnamento che intende fornire al Discente le conoscenze e gli strumenti metodologici appropriati. Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità operative necessarie ad applicare concretamente le conoscenze elencate sopra. Lo Studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concettuali e di progetto relativi a processi di combustione e gassificazione di combustibili solidi tradizionali ed alternativi con relativa attenzione ad inquinanti gassosi e solidi prodotti.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/>                 Generalità su carbone e biomasse. Considerazioni generali. Analisi tecniche ed elementari. Potere calorifico. Classificazioni. Diagramma di van Krevelen. Deumidificazione e devolatilizzazione. Richiami su processi reattivi solido-gas.<br/>                 Combustione. Cinetiche di combustione. Aria teorica e fumi di combustione. Effetti dell’eccesso d’aria.<br/>                 Desolforazione in situ in combustori a letto fluidizzato. Reattori CFBC. Processi di desolforazione in situ. Modello a grani. Fenomeni di comminazione delle particelle di sorbente: frammentazione primaria e secondaria, attrition. Interrelazioni comminazione/processi reattivi. Bilanci di popolazione su particelle di sorbente.<br/>                 Metodi innovativi per la mitigazione dell’impatto da CO<sub>2</sub>. Generalità sui mutamenti climatici e su Carbon Capture and Storage. Combustione oxyfuel. Combustione chemical looping con l’ausilio di carrier di ossigeno a base di metalli. Processo calcium looping con l’ausilio di sorbenti calcarei. Sistemi innovativi a base di energia solare (Concentrated Solar Power, Thermal Energy Storage).<br/>                 Gassificazione. Considerazioni generali. Reazioni chimiche e condizioni operative. Gassificatori a flusso trascinato. Cicli combinati. Applicazione dei processi oxyfuel e di looping ad impianti di gassificazione.<br/>                 Riutilizzo delle ceneri. Caratteristiche delle ceneri. Riutilizzo come materiale adsorbente: generalità, aspetti termodinamici e cinetico-diffusivi, approccio canonico e frattale, processi di attivazione. Riutilizzo nell’industria del cemento: richiami al processo di produzione di cemento e calcestruzzo Portland, cementi a ridotto impatto ambientale (pozzolanico, solfoalluminatico), campi di riutilizzo delle ceneri in qualità di aggiunta pozzolanica o materia prima.</p> |                   |                       |                     |
| <p><b>Fonti bibliografiche:</b><br/>                 Appunti dalle lezioni e da web-learning <a href="http://www.federica.unina.it">www.federica.unina.it</a>; O. Levenspiel, <i>Chemical Reaction Engineering</i>, Ed. Wiley. Selezione di articoli scientifici.</p>  |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna.  |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova orale.   |                   |                       |                     |

## Insegnamento: Chimica-Fisica dei Materiali

|   |               |                      |                      |
|---|---------------|----------------------|----------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |               |                      |                      |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b><br><b>CHIM/02</b>  | <b>CFU: 6</b> |                      |                      |
| <b>Ore di studio per ogni ora di Lezione:</b>   | <b>2</b>      | <b>Esercitazioni</b> | <b>Laboratorio:1</b> |
|   |               | <b>e:</b>            |                      |
| <b>Altro (specificare):</b>   |               |                      |                      |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Obiettivo del corso e' di fornire agli studenti una panoramica completa dei metodi sperimentali e teorici per la descrizione delle proprietà chimico-fisiche della materia condensata, con particolare attenzione all'applicazione delle spettroscopie e dei modelli computazionali.</p> <p><b>Programma sintetico del corso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Introduzione ai materiali solidi</li> <li>2) I materiali cristallini come paradigma nella scienza dei materiali</li> <li>3) La descrizione del legame chimico e della struttura elettronica nei cristalli</li> <li>4) Proprietà magnetiche di materiali solidi</li> <li>5) Spettroscopia vibrazionale dello stato solido</li> <li>6) Difetti puntuali nei solidi</li> <li>7) Proprietà chimico-fisiche e processi reattivi delle superfici solide</li> </ol> <p>Sono previste esercitazioni con l'utilizzo di strumenti computazionali per la visualizzazione ed il calcolo di proprietà strutturali ed elettroniche di solidi cristallini.</p> <p><b>Testi di riferimento</b><br/>                     R.H. Hoffman, Solids and surfaces, VCH Publisher, 1988<br/>                     N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Solid State Physics, Saunders College Publishing, 1972</p> |               |                      |                      |
| <b>Propedeuticità:</b>  |               |                      |                      |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale.   |               |                      |                      |

## Insegnamento: Teoria e applicazioni dei processi di separazione

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Modulo : Unico</b>  |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM 04   |                   |                       | <b>CFU:</b> 6       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:</b> 2 | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Il corso si propone di fornire gli elementi necessari alla comprensione dei processi industriali di separazione e delle linee guida per la selezione del processo di separazione più appropriato.</p> <p><b>Programma del corso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Introduzione.</li> <li>2 - Classificazione generale delle tecniche di separazione. Criteri di selezione di un processo di separazione.</li> <li>3 - Aspetti termodinamici e di equilibrio dei processi di separazione. Equilibri di fase liquido-vapore e liquido-liquido. Modelli per coefficienti di attività e fugacità. Equazioni di stato. Esempi numerici di valutazione dei coefficienti di attività.</li> <li>4 - Uso di simulatori di processo e programmi di flowsheeting per la simulazione di operazioni di separazione</li> <li>5 - Operazioni di separazione condotte in un singolo stadio. Flash isoterma. Flash adiabatico. Esempi numerici.</li> <li>6 - Separazione liquido-liquido. Esempi numerici di calcolo per operazioni a più stadi in sistemi multicomponenti.</li> <li>7 - Distillazione continua multicomponente. Distillazione azeotropica, estrattiva e reattiva. Esempi numerici di simulazione.</li> <li>8 - Distillazione batch</li> </ol> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Relazione scritta su un tema assegnato durante il corso e discussione  |                   |                       |                     |

### **Insegnamento: Biopesticidi per l'agricoltura**

|   |   |
|---|---|
| <b>Modulo: Unico</b>  |   |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/06</b>  | <b>CFU: 6</b>   |
| <b>Metodi didattici:</b> lezioni frontali   | <b>Tipologia attività formativa:</b><br><b>Affini o Integrative</b> |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b><br/>                     Il corso intende far acquisire conoscenze sulle sostanze organiche naturali che possono essere utilizzate per l'incremento della produzione, per la difesa e la conservazione del patrimonio agricolo e l'impatto che esse possono avere sull'ambiente. Inoltre si intende fornire allo studente conoscenze sulla correlazione struttura-attività biologica delle sostanze organiche naturali bioattive prodotte da microrganismi e da piante finalizzate alla modulazione della loro attività e specificità. Lo scale-up di promettenti erbicidi, fungicidi, insetticidi e battericidi, sarà illustrato per il trasferimento della loro produzione e formulazione a livello industriale.</p>   |   |
| <p><b>Programma sintetico</b><br/>                     Il corso tratterà brevemente delle più importanti classi di composti naturali (polichetidi, terpeni e steroidi, fenilpropanoidi) studiandone la chimica e la correlazione struttura-attività.</p> <p>Lo studio riguarderà i metaboliti microbici (prodotti da funghi e batteri fitopatogeni e non), come le fitotossine, i fungicidi, i battericidi, gli insetticidi e gli erbicidi ed i metaboliti secondari prodotti da piante allelopatiche con potenziale applicazione come biopesticidi.</p> <p>Saranno valutate le loro applicazioni:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>per la difesa delle colture agrarie dalle malattie microbiche (fitoalessine, induttori di resistenza agli stress biotici);</li> <li>per lo sviluppo di nuovi fungicidi e battericidi;</li> <li>per lo sviluppo di erbicidi da utilizzare nei metodi di lotta biologica e integrata alle piante infestanti e parassite di colture agrarie.</li> <li>per lo sviluppo di insetticidi per la lotta agli afidi e ai nematodi.</li> </ol> <p>Quando possibile saranno organizzate visite presso industrie internazionali specializzate nel settore con le quali sono in corso collaborazioni e accordi ufficiali.</p> <p>Tesi Consigliati<br/>                     Paul M. Dewick. <b>Chimica, Biosintesi e Bioattività delle Sostanze Naturali</b>. Piccin Nuova Libreria, Padova, 2009.</p> <p><b>Appunti e Reviews forniti alle lezioni.</b></p> |   |
| <b>Propedeuticità:</b> nessuna  |   |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> esame orale   |   |

## Insegnamento : Trattamenti di depurazione delle acque

|  |                   |                       |                     |
|--|-------------------|-----------------------|---------------------|
| <i>Modulo: Unico</i>   |                   |                       |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare:</b> CHIM 04   |                   |                       | <b>CFU:</b> 6       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:</b> 2 | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                   |                       |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Obiettivo del corso è di fornire una panoramica dettagliata sulle operazioni unitarie ricorrenti nei moderni processi di trattamento delle acque e di come queste operazioni siano impiegate nei processi industriali.</p> <p><b>Programma del corso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 – Le acque reflue: caratteristiche, tipologie, controlli</li> <li>2 – Parametri fondamentali di progetto per un trattamento di acque reflue</li> <li>3 – Trattamenti meccanici: grigliatura, dissabbiatura, disoleatura</li> <li>4 – Altre operazioni unitarie negli impianti di trattamento: pompaggio, sedimentazione, areazione</li> <li>5 – Schemi tipici di impianti di depurazione</li> <li>6 – Impianti di trattamento con tecnologie di depurazione di tipo naturale</li> <li>7 – Trattamenti chimici delle acque e dei fanghi</li> <li>8 – Trattamenti meccanici dei fanghi</li> <li>9 – Trattamenti biologici dei fanghi, digestori</li> </ol> |                   |                       |                     |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna   |                   |                       |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale   |                   |                       |                     |

## Insegnamento: Cristallografia dei polimeri

|  |                  |                                |                      |
|--|------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                  |                                |                      |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04/05</b>  |                  | <b>CFU: 6 (4LF + 2 LAB/ES)</b> |                      |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:2</b> | <b>Esercitazione: 1</b>        | <b>Laboratorio:1</b> |
| <b>Altro (specificare):</b>  |                  |                                |                      |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                 Studio dello stato cristallino di polimeri. Metodi di diffrazione dei raggi X e degli elettroni per lo studio della struttura cristallina di polimeri. Utilizzo della meccanica molecolare per la determinazione della conformazione e dell'impacchettamento delle catene nei cristalli di polimeri.</p> <p><b>Programma del corso:</b><br/> <b>Elementi di diffrazione dei raggi X</b> - Natura e generazione dei raggi X. Diffusione dei raggi X ad opera di elettroni. Fenomeni dell'interferenza e della diffrazione. Diffusione dei raggi X ad opera di atomi. Diffrazione da parte di un liquido o di un solido amorfo. Diffrazione dei raggi X da parte di cristalli. Cella elementare e piani reticolari <i>hkl</i>. Le condizioni di riflessione di Bragg ad opera dei piani <i>hkl</i>. Il fattore di struttura <math>F(hkl)</math>. Spazio reciproco e reticolo reciproco. Sfera di riflessione. Diffrazione da cristallo singolo e da cristallo rotante. Spettro di polveri. Effetto della dimensioni finite dei cristalli sulla diffrazione.</p> <p><b>Determinazione della struttura cristallina di un polimero semicristallino</b> - Ottenimento di campioni semicristallini: cristalli singoli, polveri, fibre. Diffrazione elettronica di cristalli singoli. Diffrazione ai raggi X di sistemi policristallini: polveri e fibre. Tipi di raccolta delle immagini di diffrazione: fotografica e a contatore. Interpretazione degli spettri di diffrazione disponibili. Determinazione della periodicità (asse <i>c</i>) lungo l'asse di catena dallo spettro di fibra. Utilizzo dell'analisi conformazionale per individuare le possibili conformazioni della catena nel cristallo: principio di equivalenza e principio della minima energia interna. Meccanica molecolare e campi di forza. Lettura dello spettro di fibra e formulazione della cella elementare. Scelta del gruppo spaziale. Utilizzo della meccanica molecolare per trovare condizioni di buon impacchettamento. Calcolo dei fattori di struttura e confronto fra dati calcolati e dati osservati tramite il calcolo dell'indice di disaccordo. Cenni ai fenomeni di disordine presenti nei cristalli di polimero.</p> <p><b>Il corso è stato affiancato da otto esercitazioni pratiche con i seguenti contenuti</b><br/>                 Raccolta di uno spettro di fibra con camera cilindrica.<br/>                 Determinazione della densità della fibra per flottazione.<br/>                 Lettura dello spettro di fibra. Determinazione della periodicità lungo l'asse di fibra.<br/>                 Determinazione delle posizioni (x,y) dei riflessi sulla lastra e delle loro intensità relative.<br/>                 Determinazione della cella elementare.<br/>                 Scelta del gruppo spaziale.<br/>                 Utilizzo del programma Cerius<sup>2</sup> per la formulazione di modelli di impacchettamento e relativo calcolo delle immagini di diffrazione per spettri di polveri e per spettri di fibra.</p> <p><b>Testi di riferimento:</b><br/>                 1) AIM - "Macromolecole, Scienza e Tecnologia" - Pacini Editore - Pisa (1983) Vol.1<br/>                 Capitolo I-1.3. Analisi conformazionale (pp. 54-86)<br/>                 Capitolo I-2.2. Diffrattometria dei raggi X (pp. 100-117)<br/>                 2) P.Corradini - "X ray diffraction"<br/>                 Encyclopedia of Polymer Science and Technology - Edizione 1971 - Vol.15 - pp.79-97.<br/>                 3) M.Kakudo, Kasai "X-ray diffraction by polymers" (1972)</p> |                  |                                |                      |
| <b>Propedeuticità:</b>   |                  |                                |                      |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale scritta e/o orale e valutazione delle relazioni di laboratorio e/o esercitazione.   |                  |                                |                      |

## Insegnamento : Dinamica e reologia dei polimeri

|  |                             |                       |                      |
|--|-----------------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                             |                       |                      |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04-05</b>  |                             |                       | <b>CFU: 6</b>        |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:2</b>            | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:1</b> |
|  | <b>Altro (specificare):</b> |                       |                      |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b> Studio della dinamica di macromolecole in massa e in soluzione: Viscoelasticità, Modello di Rouse, Modello della catena reptante e tempi di rilassamento. Modello della catena nel tubo. Leggi di scala del tempo di rilassamento più lungo in dipendenza dalla lunghezza delle catene. Tests meccanici sulla teoria della reptation. Tecniche spettroscopiche di analisi della struttura e della dinamica di macromolecole in soluzione e in massa: NMR e tecniche di scattering.</p> <p><b>Programma del corso:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concetto di viscoelasticità lineare. Equazioni costitutive di base. Long time vs. short time behavior in esperimenti di stress-relaxation in seguito a step-strain; scorrimento viscoso nello stato stazionario; creep e recupero del creep; scorrimento oscillatorio. Relazione tra i parametri viscoelastici determinabili attraverso i diversi esperimenti, tramite l' utilizzo del principio di sovrapposizione e causalità. Equazioni di base per l' approccio mesoscopico e quindi molecolare allo studio della dinamica dei polimeri.</li> <li>• Teorema di fluttuazione e dissipazione. Dinamica di sistemi polimerici nello stato unentangled: Modello di Rouse; modello di Zimm; Viscosità intrinseca. Modi di rilassamento: Modi di Rouse; Modi di Zimm. Dipendenza dalla temperatura della dinamica di polimeri e principio di sovrapposizione. Scattering dinamico di sistemi in bulk e in soluzione. Determinazione della dinamica dei polimeri su scala locale tramite tecniche NMR.</li> <li>• Dinamica di sistemi polimerici nello stato entangled: Entanglements nei fusi polimerici. Reptation nei fusi polimerici: tempi di rilassamento e diffusione. Reptation in soluzioni diluite. Dinamica di una singola catena entangled. Effetto della presenza di molte catene: constraint release.</li> <li>• Non Newtonian melt flow: Funzioni reologiche del materiale; liquido di Lodge.</li> </ul> <p><b>Testi consigliati.</b> oltre alle dispense fornite dal docente, i testi consigliati sono:<br/>M. Rubinstein, R. H. Colby, Polymer Physics, Oxford University Press.<br/>G. Strobl, The Physics of Polymers, Springer.</p> |                             |                       |                      |
| <b>Propedeuticità:</b>   |                             |                       |                      |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Eventuali prove scritte in itinere. Prova finale scritta e/o orale. Esercitazione al calcolatore.  |                             |                       |                      |

## Insegnamento: Polimeri per applicazioni biomediche

|  |                             |                       |                      |
|--|-----------------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>   |                             |                       |                      |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/03;CHIM04/05</b>   |                             |                       | <b>CFU: 6</b>        |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>  | <b>Lezione:2</b>            | <b>Esercitazione:</b> | <b>Laboratorio:1</b> |
|  | <b>Altro (specificare):</b> |                       |                      |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Fornire le conoscenze per la progettazione e la realizzazione di materiali polimerici per uso farmacologico e biomedico e delineare gli attuali campi di applicazione e le prospettive di sviluppo.</p> <p><b>Programma del corso:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definizione di biomateriale; biocompatibilità e biofunzionalità.</li> <li>2. Classi di polimeri sintetici di potenziale interesse per applicazioni biomediche. Modifica delle proprietà dei polimeri mediante copolimerizzazione, variazioni strutturali o miscelazione di polimeri diversi.</li> <li>3. Applicazioni farmaceutiche. Studio dell'auto-organizzazione di copolimeri anfifilici in micro- e nano-strutture e loro impiego come trasportatori di farmaci. Tecniche di ottimizzazione delle cinetiche di rilascio delle molecole incapsulate. Inserimento di ligandi direzionanti per il rilascio controllato.</li> <li>4. Uso di materiali polimerici come protesi permanenti o temporanee e come supporti biomimetici per la riparazione guidata di tessuti danneggiati. Modifica della superficie del biomateriale mediante inserimento di frammenti peptidici per il riconoscimento cellulare.</li> <li>5. Esempi di progettazione, realizzazione e valutazione di nano-trasportatori di farmaci antitumorali e di supporti per la ricostruzione di tessuto osseo.</li> </ol> |                             |                       |                      |
| <b>Propedeuticità:</b> Nessuna   |                             |                       |                      |
| <b>Modalità di accertamento del profitto:</b> Prova finale orale.  |                             |                       |                      |



## Insegnamento : Metodi Chimico Fisici per l'analisi di biomateriali

|  |   |
|--|---|
| <b>Modulo: 1 modulo</b>  |   |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/02</b>   | <b>CFU: 6</b>   |
| <b>Metodi didattici:</b> lezioni frontali, Laboratorio   | <b>Tipologia attività formativa:</b><br><b>affini o integrative</b> |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b> Obiettivo del corso è far acquisire la comprensione di alcune procedure teoriche e sperimentali, che hanno permesso l'analisi a livello nanometrico di soluzioni e gel di macromolecole. Tra le tecniche presentate ci saranno l'EPR (risonanza di spin elettronico), MicroRaman, LS e DLS (Scattering di luce statico e dinamico) e SANS (Scattering neutronico a basso angolo). Saranno illustrati i risultati più importanti ottenuti negli ultimi anni e discussi i metodi che permettono una accurata ricostruzione di immagini (<i>imaging</i>). Esercitazioni di <i>imaging</i>.</p> <p><b>Programma sintetico:</b></p> <p>L'interazione radiazione-materia. La spettroscopia di risonanza paramagnetica elettronica (EPR): fondamenti teorici. Lo spettrometro EPR: struttura e funzionamento. Teoria ed applicazione di Raman non stimolato, Risonanza Raman e Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS) di soluzioni macromolecolari. Microscopia Raman applicata a materiali macromolecolari. Procedure di mapping e profili di profondità Raman. La teoria dello scattering: fondamenti teorici. Applicazione per la determinazione di parametri strutturali a livello mesoscopico di sistemi macromolecolari.</p> <p>Esempi di applicazione della spettroscopia EPR (spin probing e spin labelling), Raman e scattering di luce e neutronica allo studio dei materiali macromolecolari, con particolare riguardo alla caratterizzazione microstrutturale e dinamica di geli polifasici.</p> |   |
| <b>Propedeuticità:</b> nessuna   |   |
| <b>Modalità di verifica dell'apprendimento:</b> colloquio orale  |   |

**Insegnamento: Metodi computazionali per lo studio delle reazioni di interesse industriale**

|   |                   |                        |                     |
|---|-------------------|------------------------|---------------------|
| <b>Modulo: Unico</b>  |                   |                        |                     |
| <b>Settore Scientifico - Disciplinare: CHIM/04/05</b>   |                   |                        | <b>CFU: 6</b>       |
| <b>Ore di studio per ogni ora di:</b>   | <b>Lezione: 2</b> | <b>Esercitazione:1</b> | <b>Laboratorio:</b> |
| <b>Altro (specificare): 48 ore di lezione</b>   |                   |                        |                     |
| <p><b>Obiettivi formativi, riferiti ai descrittori di Dublino:</b><br/>                     Analisi dei metodi computazionali applicati a reazioni di interesse industriale. Reazioni di trasformazioni di aldeidi e chetoni. Reattività dei metalli di transizione nella formazione di legami C-C e C-H. Modellistica computazionale delle reazioni di polimerizzazione, epossidazione e idroformilazione. Analisi delle reazioni di metatesi. Reazioni di riduzione Meerwein-Pondorf-Verley.</p>  |                   |                        |                     |
| <p><b>Programma del corso:</b><br/>                     Questo corso si propone di fornire agli studenti della laurea specialistica le tecniche di base dei metodi computazionali per la comprensione dei meccanismi di reazione di interesse industriale. Più dettagliatamente verranno sviluppati i seguenti argomenti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Le reazioni di polimerizzazione mediante catalisi di coordinazione, aspetti teorici.</li> <li>2) Tecniche computazionali, efficacia e limiti.</li> <li>3) Studio dell'enantioselettività nella catalisi Ziegler-Natta.</li> <li>4) Formazione di C-C bond per metalli del Gruppo 8-10.</li> <li>5) Formazione di C-H bond per metalli del Gruppo 4-10.</li> <li>6) Reazioni di riduzione Meerwein-Pondorf-Verley.</li> <li>7) Reazioni di epossidazione e idroformilazione.</li> <li>8) Reazioni di monomeri polari (e.g. metilmetacrilato).</li> </ol> |                   |                        |                     |
| <b>Propedeuticità:</b>  |                   |                        |                     |
| <b>Modalità di accertamento del profitto: Prova finale scritta e/o orale e valutazione delle relazioni di laboratorio.</b>  |                   |                        |                     |

## **Allegato C**

### **Prova Finale**

Dopo il Tirocinio, gli Studenti possono chiedere ai componenti dei gruppi di ricerca afferenti al Corso di Laurea l'assegnazione di un argomento di Tesi di Laurea. La Tesi può essere svolta anche presso gruppi o strutture di ricerca i cui componenti siano esterni al Corso di Laurea, previa approvazione della Commissione Assegnazione Tesi di Laurea e la designazione di un Relatore che faccia parte della struttura da affiancare ad un correlatore della struttura esterna.

Il progetto di Tesi verrà formalmente approvato, dopo il Seminario pre-laurea, dalla Commissione, sentito il Collegio dei Docenti. Durante questo Seminario, lo Studente descriverà pubblicamente le linee essenziali del suo lavoro di ricerca. Contestualmente, la Commissione assegnerà due controrelatori che seguiranno, attraverso colloqui periodici, il lavoro di Tesi. Dalla data del Seminario pre-laurea dovranno passare minimo 6 mesi prima della discussione della Tesi.

Il lavoro del Candidato sarà giudicato da una Commissione di Laurea costituita da 7 membri nominati dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Chimiche. Il voto di Laurea, espresso in centodecimi, verrà stabilito sulla base della media ponderata dei punteggi conseguiti dallo Studente negli esami di profitto sostenuti (espressa in centodecimi), e sulla base del risultato della Prova Finale. Alla Prova Finale vengono attribuiti al massimo punti 11/110, tenendo conto delle caratteristiche della relazione finale, dell'esposizione e del tempo impiegato a conseguire la Laurea. Se la valutazione complessiva supera punti 110/110, la Commissione può procedere all'attribuzione della Lode.