



UNIVERSITA' CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA

# Guida dello Studente

A.A. 2019/2020



*Facoltà Dipartimentale di Ingegneria*

Corso di Laurea in

**Ingegneria Industriale**

Corsi di Laurea Magistrale in

**Ingegneria Biomedica**

**Ingegneria Chimica  
per lo Sviluppo Sostenibile**

**Università Campus Bio-Medico di Roma  
Facoltà Dipartimentale di Ingegneria**

**Corso di Laurea in Ingegneria Industriale**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria  
Biomedica**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria  
Chimica per lo Sviluppo Sostenibile**

**GUIDA DELLO STUDENTE  
ANNO ACCADEMICO 2019/2020**



# INDICE

Il Preside presenta la Guida dello Studente pag. 5

## **Struttura dell'università e servizi per gli studenti**

Metodo educativo	pag.	8
Sedi dell'Università	pag.	9
Organi Statutari	pag.	9
Autorità Accademiche	pag.	10
Organizzazione dei Servizi Accademici	pag.	12
Segreterie	pag.	12
Diritto allo Studio e Vita Universitaria	pag.	14
Relazioni Internazionali	pag.	17
Biblioteca	pag.	18
Ammissioni e Orientamento	pag.	19
Tutorato	pag.	20
Ufficio Career Service	pag.	21
Servizi per lo studente	pag.	22
Supporti informatici alla didattica e alla comunicazione	pag.	25

## **Corso di Laurea in Ingegneria Industriale**

Ordinamento e organizzazione didattica	pag.	29
Obiettivi formativi	pag.	30
Calendario accademico	pag.	34
Piano di studi: adempimenti e scadenze	pag.	35
Esame di laurea: adempimenti e scadenze	pag.	37
Obblighi formativi aggiuntivi	pag.	41
Percorso di eccellenza	pag.	42
Laboratori Didattici	pag.	43
Schede degli insegnamenti	pag.	45

## **Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica**

Ordinamento e organizzazione didattica	pag. 109
Obiettivi formativi	pag. 111
Calendario accademico	pag. 115
Piano di studi: adempimenti e scadenze	pag. 117
Esame di laurea: adempimenti e scadenze	pag. 119
Laboratori Didattici	pag. 121
Schede degli insegnamenti	pag. 123

## **Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile**

Ordinamento e organizzazione didattica	pag. 187
Obiettivi formativi	pag. 189
Calendario accademico	pag. 192
Piano di studi: adempimenti e scadenze	pag. 194
Esame di laurea: adempimenti e scadenze	pag. 196
Laboratori Didattici	pag. 198
Schede degli insegnamenti	pag. 200

## **Norme e Regolamenti**

[Link al Regolamento Didattico del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale](#)

[Link al Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica](#)

[Link al Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile](#)

pag. 243

## **Docenti titolari di insegnamento o di moduli all'interno della Facoltà Dipartimentale**

Elenco, Orario e Luogo di Ricevimento	pag. 244
---------------------------------------	----------

## IL PRESIDE PRESENTA LA GUIDA DELLO STUDENTE

Cari Studenti,

è prassi che la Guida dello Studente si apra con una presentazione del Preside. Non mi sottraggo a questo dovere ma, consapevole che non siete abituati a leggere lunghi testi, mi limiterò a poche cose essenziali.

La Guida contiene molte informazioni utili, sfogliatela e se qualche paragrafo attira la vostra curiosità, leggetelo. Consultatela poi ogni volta che avete bisogno di ritrovare informazioni precise su un insegnamento, sulla mail della segreteria o su chi può aiutarvi a risolvere un problema. Vi consiglio però di vivere fin dall'inizio un intenso rapporto con il/la vostro/a tutor personale, con i professori e tutor di materia, con tutto il personale amministrativo, per cogliere le molteplici occasioni formative che il nostro Ateneo offre a tutti gli studenti sul piano professionale e sul piano umano, per sviluppare quelle capacità oggi tanto apprezzate e ricercate che vengono denominate *competenze trasversali*.

Anche se è naturale aspettarsi che sia soprattutto l'Università, tramite coloro che vi lavorano, a trasmettere a voi conoscenze ed esperienze, sappiate che contiamo sul vostro personale contributo per il buon esito delle attività accademiche. L'Università ha bisogno di rinnovarsi continuamente e non può farlo senza il contributo della sua componente più giovane e dinamica: gli studenti. L'augurio quindi è che questa Guida rappresenti un aiuto all'attività di intenso studio che certamente vi è richiesto, ma che sia anche un piccolo stimolo a partecipare attivamente alle tante attività che si organizzano e che hanno lo scopo di allargare i vostri orizzonti e aiutarvi a conoscere sempre più profondamente le realtà in cui viviamo.

Il Preside

Prof. Giulio Iannello



# **Struttura dell'Università e servizi per gli studenti**

## METODO EDUCATIVO

### INNOVAZIONE DIDATTICA

Il progetto formativo dell'Università Campus Bio-Medico di Roma, curato dalla Facoltà Dipartimentale di Ingegneria si caratterizza per i seguenti aspetti:

- Pieno e costante coinvolgimento degli studenti nel processo di apprendimento e di formazione.

La *didattica di tipo tutoriale* stimola le capacità critiche e organizzative che consentono a ciascuno studente di affrontare i problemi e prendere di volta in volta le decisioni più efficaci, tenendone presenti anche gli aspetti etici.

- *Formazione **professionale*** dello studente a partire dal terzo anno di Corso, con una forte integrazione tra contenuti teorici ed esperienze pratiche **professionalizzanti**.
- *Responsabilizzazione dello studente* nella definizione dei propri obiettivi formativi mediante un dialogo aperto e costante con il proprio tutor per la scelta di alcuni ambiti in cui realizzare il tirocinio.
- *Attenzione agli aspetti umanistici della formazione **ingegneristica***, coltivati attraverso i Corsi di **Antropologia, Etica e Bioetica**.
- Programmazione didattica collegiale, nel rispetto delle scelte culturali e metodologiche proprie di ciascun docente. Il confronto continuo sulle proposte formative garantisce allo studente un percorso di apprendimento caratterizzato da *organicità, continuità e coerenza*.
- Utilizzo di *supporti informatici e rete wireless* per lo scambio di materiale didattico tra docenti e studenti, l'approfondimento di argomenti trattati durante i Corsi, la verifica del grado di preparazione agli esami. In questo ambito va intesa anche l'acquisizione di tecniche di *distance learning*, per saper sfruttare pienamente le risorse della rete informatica valutando le nuove fonti d'informazione.
- Definizione di un profilo di laureato in possesso degli strumenti metodologici e culturali essenziali per continuare ad apprendere (*long life learning*) e per rispondere efficacemente alla continua evoluzione della tecnologia.
- Approccio sistematico alla *multiprofessionalità*, intesa come spazio di lavoro in équipe in cui le diverse competenze e i diversi punti di vista cercano una specifica armonizzazione per formulare risposte più adeguate per la comprensione e soluzione dei problemi presi in esame (*problem solving*).

### GIORNATE DELLA MATRICOLA

Il principio della centralità dello studente, che trova espressione nel sostegno offerto alla sua crescita professionale e umana, si realizza già all'inizio del percorso di studi durante le Giornate della Matricola.

Dedicate ai nuovi iscritti, prevedono un intenso programma di incontri con docenti e responsabili di tutti i servizi che rendono possibile il progetto didattico dell'Università Campus Bio-Medico di Roma.

Sono illustrati i piani di studio e il funzionamento del sistema tutoriale, i principi ai quali si ispira l'Ateneo, nonché i servizi che agevolano il percorso accademico. Sono proposti anche incontri sulla metodologia di studio.

## **SEDI DELL'UNIVERSITÀ**

### **CAMPUS UNIVERSITARIO**

**Via Álvaro del Portillo, 21**

**00128 Roma**

Il Campus Universitario è sede del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale e dei Corsi di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica e in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile. Ai Corsi di Studio della Facoltà Dipartimentale di Ingegneria si affiancano i Corsi di Studio della Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia e della Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per l'uomo e per l'ambiente. Ospita il Policlinico Universitario e il Poliambulatorio plurispecialistico, il Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria (PRABB), il Centro per la Salute dell'Anziano, gli uffici accademici e amministrativi.

## **ORGANI STATUTARI**

### **PRESIDENTE**

Dott. Felice Barela

### **COMITATO ESECUTIVO**

Dott. Felice Barela, Dott. Davide Lottieri, Prof. Raffaele Calabrò, Ing. Paolo Sormani, Dott. Andrea Rossi, Dott.ssa Marta Risari.

### **DIRETTORE GENERALE DELL'UNIVERSITÀ**

Dott. Andrea Rossi

### **DIREZIONE POLICLINICO UNIVERSITARIO**

Ing. Paolo Sormani	Direttore Generale del Policlinico
Dott. Lorenzo Sommella	Direttore Sanitario
Dott. Andrea Rossi	Direttore Generale dell'Università
Dott.ssa Marta Risari	Vice direttore generale - Direttore organizzazione
Dott.ssa Daniela Tartaglini	Direttore Assistenziale delle Professioni Sanitarie
Prof.ssa Rossana Alloni	Direttore Clinico
Prof. Giorgio Minotti	Preside della Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia

## AUTORITÀ ACCADEMICHE

### RETTORE

Prof. Raffaele Calabrò

### SENATO ACCADEMICO

Prof. Raffaele Calabrò	Rettore
Prof.ssa Simonetta Filippi	Prorettore alla Formazione Universitaria
Prof. Eugenio Guglielmelli	Prorettore alla Ricerca
Prof. Giulio Iannello	Presidente della Facoltà Dipartimentale di Ingegneria
Prof. Giorgio Minotti	Presidente della Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia
Prof.ssa Laura De Gara	Presidente della Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per l'Uomo e per l'Ambiente
Dott. Andrea Rossi	Direttore Generale dell'Università

### GIUNTA DELLA FACOLTÀ DIPARTIMENTALE DI INGEGNERIA

Prof. Giulio Iannello, Presidente

Prof. Marco Papi, Vicepresidente

Prof.ssa Marcella Trombetta, Coordinatore della Ricerca e Presidente del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile

Prof. Giorgio Pennazza, Presidente del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale

Prof.ssa Loredana Zollo, Presidente del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica

### PRESIDE

#### **Prof. Giulio Iannello**

*Sede di Ricevimento:* PRABB Università Campus Bio-Medico di Roma

☎ 06.22541.9605 e-mail: [Presidenza.ingegneria@unicampus.it](mailto:Presidenza.ingegneria@unicampus.it)

*Giorno ed ora di ricevimento:* per appuntamento via e-mail

### VICEPRESIDE

#### **Prof. Marco Papi**

*Sede di Ricevimento:* PRABB, Università Campus Bio-Medico di Roma

☎ 06.22541.9612 e-mail: [m.papi@unicampus.it](mailto:m.papi@unicampus.it)

*Giorno ed ora di ricevimento:* per appuntamento via e-mail

### PRESIDENTE DEL CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE

#### **Prof. Giorgio Pennazza**

*Sede di Ricevimento:* PRABB, Università Campus Bio-Medico di Roma

☎ 06.22541.9465 e-mail: [g.pennazza@unicampus.it](mailto:g.pennazza@unicampus.it)

*Giorno ed ora di ricevimento:* per appuntamento via e-mail

## **PRESIDENTE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA BIOMEDICA**

**Prof.ssa Loredana Zollo**

*Sede di Ricevimento:* PRABB, Università Campus Bio-Medico di Roma

☎ 06.22541.9632 e-mail: l.zollo@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* per appuntamento via e-mail

## **PRESIDENTE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE**

**Prof.ssa Marcella Trombetta**

*Sede di Ricevimento:* PRABB, Università Campus Bio-Medico di Roma

☎ 06.22541.9608 e-mail: m.trombetta@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* per appuntamento via e-mail

## ORGANIZZAZIONE DEI SERVIZI ACCADEMICI

### Dirigente Area dei Servizi Accademici

Dott.ssa Donatella Marsiglia

☎ 06.22541.9139 e-mail: d.marsiglia@unicampus.it

## SEGRETERIE

### SEGRETERIA PRESIDENZA FACOLTÀ DIPARTIMENTALE DI INGEGNERIA

**Ubicazione** PRABB - Università Campus Bio-Medico di Roma, piano -1

**Referente** Dott.ssa Marina Mocchiari

**Tel.** 06.22541.9605

**E-mail** presidenza.ingegneria@unicampus.it

### SEGRETERIA DIDATTICA FACOLTÀ DIPARTIMENTALE DI INGEGNERIA

**Ubicazione** PRABB - Università Campus Bio-Medico di Roma, piano -1

**Referenti** Dott.ssa Eugenia Malgeri, Sig. Alessandro Croce

**Tel.** 06.22541.9606 - 9626

**E-mail** segreteriaingegneria@unicampus.it

**Orario al pubblico** Lunedì e Venerdì, ore 12:00-13:30  
Giovedì, ore 11:00-12:30

### SEGRETERIA STUDENTI

Verifica l'iter curriculare degli studenti iscritti, fornendo modulistica, certificati e documentazione relativa a immatricolazioni, esami, trasferimenti, rinuncia agli studi.

**Ubicazione** PRABB – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0

#### Referenti

Sig.ra Enrica Amadio Zennaro tel. 06.22541.9044  
(responsabile)

Dott.ssa Veronique Buyckx tel. 06.22541.9047

Sig. Fabio Capecci tel. 06.22541.9043

Sig. Antonio Di Bartolomeis tel. 06.22541.9042

**E-mail** segreteriestudenti@unicampus.it

Gli Orario al pubblico sono pubblicati sul sito <https://www.unicampus.it/risorse-e-uffici/segreteria-studenti>.

## **UFFICIO SCUOLE DI SPECIALIZZAZIONE**

### **Ubicazione**

PRABB – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0

### **Referenti**

Dott. Emiliano Cassiani

tel. 06.22541.9049

Dott. Carmine Piscopo

tel. 06.22541.9048

Dott.ssa Nadia Zagami

tel. 06.22541.9120

### **E-mail**

segreteriaspecializzazioni@unicampus.it

## DIRITTO ALLO STUDIO E VITA UNIVERSITARIA

L'Ufficio per il Diritto allo Studio fornisce informazioni agli studenti riguardo:

- borse di studio, contributi finanziari, prestiti d'onore;
- collaborazioni part-time;
- servizi abitativi;
- mensa e ristoro;
- disabilità e DSA (Disturbi Specifici dell'Apprendimento);
- attività e convenzioni sportive.

<b>Ubicazione</b>	PRABB – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0
<b>Referenti</b>	
Dott.ssa Anna Maria Tarquilio (responsabile)	tel. 06.22541.9040
Dott.ssa Viviana D'Alaimo	tel. 06.22541.1630
<b>E-mail</b>	diritto.studio@unicampus.it
<b>Orario al pubblico</b>	Lunedì e Mercoledì, ore 10:00-13:00 Martedì e Giovedì, ore 14:00-16:00

### BORSE DI STUDIO E CONTRIBUTI FINANZIARI

L'Ufficio del diritto allo Studio eroga borse di studio e altre forme di agevolazione economica in favore di studenti meritevoli e in disagiate condizioni economiche. I contributi sono erogati dall'Ateneo, dalla Regione Lazio e da Aziende con le quali l'Università sviluppa rapporti di collaborazione.

I bandi di concorso per l'assegnazione delle Borse di Studio disponibili ogni anno sono consultabili sul sito [www.unicampus.it](http://www.unicampus.it) nella sezione diritto allo studio.

### Agevolazioni per famiglie numerose

È previsto uno sconto del 10% sul contributo unico dovuto dallo studente proveniente da una famiglia numerosa, in cui ci siano almeno altri tre figli al di sotto dei 26 anni. Tale sconto può essere richiesto con apposito modulo scaricabile on-line o presso la Segreteria Studenti, al momento dell'immatricolazione. Lo sconto verrà applicato alla 2<sup>a</sup> rata del contributo unico.

### Prestito per studio

L'Università Campus Bio-Medico di Roma, in convenzione con Banca Intesa, offre agli studenti l'opportunità di accedere ad un prestito (senza necessità di alcun tipo di garanzia), per sostenere le proprie spese di formazione. Per info: [www.permerito.it](http://www.permerito.it)

## ALLOGGI E RISTORAZIONE

L'ufficio del Diritto allo Studio aiuta gli studenti in cerca di alloggio a individuare la soluzione migliore in base alle proprie esigenze. L'ufficio è disponibile per fornire informazioni su:

- disponibilità di abitazioni nei pressi della sede didattica;
- collegi universitari della Fondazione RUI ([www.fondazione.rui.it](http://www.fondazione.rui.it))

I collegi universitari della Fondazione RUI offrono servizi logistici (vitto, alloggio, servizio lavanderia e stireria, etc.) che interessano soprattutto gli studenti fuori sede. La scelta dei collegi richiede la condivisione delle norme e delle consuetudini che ne regolano la vita (collaborazione attiva dei residenti allo sviluppo dell'ambiente familiare proprio del collegio, partecipazione a iniziative culturali quali gruppi di studio, convegni, attività di tutorato).

Tra i collegi universitari si segnalano in particolare:

### Femminile: **Collegio Universitario Porta Nevia**

Via Laurentina, 86/Q - 00142 Roma

Tel. 06.594721

E-mail: [portanevia@fondazionerui.it](mailto:portanevia@fondazionerui.it)

Sito Internet: [www.collegioportanevia.it](http://www.collegioportanevia.it)

### Femminile: **Collegio Universitario Celimontano**

Via Palestro 7, 00185 - Roma Tel. 06 48905902

E-mail: [celimontano@fondazionerui.it](mailto:celimontano@fondazionerui.it)

Sito Internet: [www.celimontano.it](http://www.celimontano.it)

### Maschile: **Residenza Universitaria Internazionale RUI**

Via Sierra Nevada, 10 - 00144 Roma

Tel. 06.54210796 - 06.5926866

E-mail: [info@collegiorui.it](mailto:info@collegiorui.it)

Sito Internet: [www.collegiorui.it](http://www.collegiorui.it)

### **Foresteria del Borgo Primo Centro**

La foresteria è situata presso il complesso residenziale "Borgo Primo Centro". La struttura abitativa è al servizio di studenti e dipendenti dell'Università ed offre la disponibilità di 21 alloggi autonomi.

Casale Primo Centro

Via di Trigoria 60 (via Alvaro del Portillo) - 00128 Roma

Tel. 06.225411402-404

E-mail: [foresteria@cbm-spa.it](mailto:foresteria@cbm-spa.it)

Tutti gli edifici del campus universitario sono dotati di sala ristorante accessibile a studenti, personale e visitatori dell'Università Campus Bio-Medico di Roma. Studenti e personale dell'Università Campus Bio-Medico di Roma usufruiscono dei servizi di ristorazione a prezzi agevolati, a condizione di esibire alla cassa il proprio badge di riconoscimento. Il badge è dotato anche della funzione "borsellino" che permette presso i ristoranti del Polo di Ricerca Avanzata e del Policlinico Universitario il pagamento elettronico alla cassa.

## **DISABILITÀ E DSA**

L'Università Campus Bio-Medico di Roma prevede il servizio di accoglienza degli studenti con disabilità e diagnosi di Disturbi Specifici dell'Apprendimento (DSA).

È possibile chiedere un appuntamento per un colloquio scrivendo all'indirizzo e-mail [diritto.studio@unicampus.it](mailto:diritto.studio@unicampus.it).

## RELAZIONI INTERNAZIONALI

Gli studenti che scelgono di vivere un'esperienza di studio e/o tirocinio all'estero possono contare sull'assistenza dell'Ufficio Relazioni Internazionali (International Relations Office - IRO).

IRO fornisce informazioni sulle possibilità di mobilità all'estero e aiuta nell'espletamento delle pratiche richieste.

<b>Ubicazione</b>	PRABB - Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0	
<b>Referenti</b>	Dott. Marco Oliva	tel. 06.22541.8887
	Dott.ssa Sidita Kesemi	tel. 06.22541.8124
<b>E-mail</b>	relazioni.internazionali@unicampus.it erasmus@unicampus.it	
<b>Orario al pubblico</b>	Lunedì e Mercoledì, ore 10:30-12:30 Martedì e Giovedì, ore 14:30-16:30	

L'Università Campus Bio-Medico di Roma ha sviluppato una rete di relazioni internazionali, scientifiche e didattiche per favorire la mobilità di studenti, docenti e staff amministrativo presso aziende e sedi universitarie europee ed extraeuropee.

### Mobilità internazionale

L'università Campus Bio-Medico di Roma pubblica annualmente bandi di selezione per il conferimento di borse per la mobilità internazionale nei Paesi europei ed extra-europei. I contributi monetari per la mobilità hanno lo scopo di favorire esperienze di formazione accademica e di ricerca attraverso lo sviluppo di un piano di studio e/o di lavoro concordato con il proprio docente di riferimento.

### Programma Erasmus Plus

L'Ateneo aderisce al Programma dell'U.E. nei settori dell'istruzione, della formazione, della gioventù e dello sport per il periodo 2014/2020. Erasmus Plus è il programma per la mobilità transnazionale e la cooperazione nell'istruzione superiore in tutta Europa.

Il bando di concorso per le borse di studio per la mobilità, che consente agli studenti dell'Ateneo di trascorrere un periodo di studio presso una delle Università europee partner, viene pubblicato nel mese di febbraio o marzo. Gli studenti selezionati avranno l'opportunità di frequentare i corsi all'estero, usufruire delle strutture e dei servizi dell'Ateneo ospitante, sostenere gli esami concordati con i docenti e ottenerne il riconoscimento al rientro, oppure condurre ricerche in loco per la propria tesi di laurea.

Il programma Erasmus Plus consente di svolgere anche attività di *traineeship* in virtù delle quali gli studenti possono arricchire il proprio curriculum formativo attraverso un'esperienza professionale all'estero. Il tirocinio può essere svolto presso un'impresa o un'Università.

### Cooperazione internazionale

L'Università Campus Bio-Medico di Roma offre agli studenti l'opportunità di partecipare ad attività di assistenza ed educazione sanitaria-alimentare, programmi di ricerca interuniversitari e progetti di realizzazione di infrastrutture d'interesse sociale nei Paesi in via di sviluppo.

I Workcamps sono organizzati, in particolare nei mesi estivi, in Paesi del continente africano e dell'America Latina. Durante l'anno vengono organizzati, inoltre, presso l'Ateneo, cicli di "Incontri Umanitari", che offrono la possibilità di discutere con esperti del settore problematiche riguardanti interventi internazionali di cooperazione e acquisire informazioni d'attualità sulla situazione di specifiche regioni.

## BIBLIOTECA

La Biblioteca dell'Ateneo possiede circa 19.000 volumi tra testi universitari, manuali, enciclopedie e dizionari. I periodici elettronici consultabili attraverso la rete d'Ateneo sono circa 4000.

L'accesso alla sala lettura è libero per studenti, docenti e medici dell'Università.

La Biblioteca è presente con una propria pagina web sul sito dell'Università, da dove è possibile accedere all'OPAC, al catalogo dei periodici ed essere informati su risorse per lo studio e la ricerca: <http://www.unicampus.it/risorse-e-uffici/biblioteca-di-ateneo>

Il personale è disponibile per informazioni e incontri di formazione sull'uso delle risorse disponibili e sulla ricerca documentale e bibliografica.

Tra i servizi si segnala il *Document delivery* con inoltro automatizzato degli articoli richiesti.

### Servizi

- Prestito locale e interbibliotecario
- Consultazione delle opere in sede
- Informazioni e consulenza bibliografica
- Document delivery
- Servizio stampa/fotocopie/scansione a pagamento con servizio di ricarica sul badge dello studente
- Servizio di aggiornamento dei database istituzionali:
- Altea (banca dati consultabile delle Tesi di Laurea - consente l'inserimento dell'abstract della tesi da parte del laureando o dello specializzando)
- Iltithia (banca dati consultabile delle Tesi di Dottorato - consente l'inserimento della tesi da parte del dottore di ricerca nei giorni successivi al conseguimento del titolo)

**Ubicazione** TRAPEZIO - Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0

### Referenti

Dott.ssa Maria Dora Morgante (responsabile) tel. 06.22541.9050

Dott.ssa Maria Crapulli tel. 06.22541.9051

Emiliano Iannotta tel. 06.225418060

Simona Rossi tel. 06.225419052

**E-mail** biblioteca@unicampus.it

**Orario al pubblico** Lunedì-Venerdì, 8:30-21:00  
Sabato, 8:30-14:00

Durante le sessioni di esami, da dicembre a febbraio e da maggio a luglio, la biblioteca è aperta come sala studio ma in assenza del personale bibliotecario e senza servizi.

**Orari apertura prolungata** Lunedì-Venerdì, 8:30-23:00  
Sabato, 14:00-21:00  
Domenica, 9:00-14:00

## AMMISSIONI E ORIENTAMENTO

Il Servizio Ammissioni e Orientamento dell'Università Campus Bio-Medico di Roma svolge un'azione di consulenza per gli studenti che si avviano a concludere gli studi della Scuola Secondaria Superiore, trovandosi così di fronte alla delicata e importante scelta del futuro percorso universitario. Molteplici iniziative sono organizzate nel corso dell'anno, per fornire tutte le informazioni sui Corsi di proprio interesse, le attività didattiche ed extra-didattiche offerte dall'Ateneo, le modalità di ammissione ai Corsi di Laurea, i servizi agli studenti. Il Servizio Ammissioni e Orientamento assicura inoltre supporto in tutte le fasi delle procedure concorsuali di ammissione ai Corsi di Laurea e Laurea Magistrale di Ateneo.

<b>Ubicazione</b>	TRAPEZIO – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0
<b>Referenti</b>	
Dott.ssa Sara Bordoni	tel. 06.22541.9056
Dott. Roberto Di Nucci	tel. 06.22541.8715
Dott.ssa Daniela Fallacara	tel. 06.22541.8121
<b>E-mail</b>	orientamento@unicampus.it

## TUTORATO

L'Università Campus Bio-Medico di Roma offre ai propri studenti un servizio di tutorato in ingresso, in itinere e in uscita. I tutor sono docenti della Facoltà Dipartimentale, ricercatori, dottorandi e studenti degli ultimi anni.

### ***Il tutor personale***

Il tutor personale orienta lo studente a individuare le risorse e il potenziale di cui dispone per sviluppare le proprie capacità di apprendimento, a gestire eventuali difficoltà e ad assumersene la responsabilità attiva.

Lo segue e lo aiuta ad affrontare diverse fasi del percorso universitario, inquadrandole in un contesto motivazionale e valoriale più ampio:

- L'inserimento nella vita dell'Ateneo;
- L'uso del tempo, l'organizzazione del lavoro e le metodologie di apprendimento;
- La pianificazione degli esami e l'autovalutazione dei risultati raggiunti;
- La motivazione, l'auto-efficacia e il rapporto con i docenti;
- Gli obiettivi formativi e di apprendimento.

In tal senso, la relazione di tutorato personale, oltre a fornire strategie operative, è anche un'occasione di dialogo per approfondire la conoscenza di se stessi, intesa come stile personale, rispetto al percorso di studi e al futuro professionale.

Il tutor fornisce allo studente un orientamento professionale per un efficace inserimento nel mondo del lavoro, in relazione alle proprie capacità e attitudini personali. In particolare, promuove lo sviluppo delle soft skill (la consapevolezza di sé, il senso critico, la comunicazione efficace, la capacità decisionale e il problem solving), che consentono agli studenti di operare con competenza sia sul piano individuale sia su quello sociale e professionale.

### ***Il tutor di disciplina***

Lavora a stretto contatto con il docente, per aiutarlo a organizzare e gestire il Corso tenendo in considerazione le esigenze degli studenti. Funge così per questi ultimi da interlocutore privilegiato nello sforzo costante di favorire il dialogo e i processi di apprendimento.

### **Ufficio Tutorato Personale**

<b>Ubicazione</b>	PRABB – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0
<b>Referente</b>	Dott. Daniele Mascolo
<b>Tel.</b>	06.22541.8122
<b>E-mail</b>	tutoratoING@unicampus.it
<b>Orario al pubblico</b>	Lunedì-Venerdì, ore 09:30-13:00 e 14:30-16:30

## CAREER SERVICE

Il Servizio Career Service di Ateneo si propone di facilitare l'ingresso di studenti e laureati dell'Università Campus Bio-Medico di Roma nel mondo del lavoro, favorendo l'incontro tra domanda e offerta di lavoro attraverso la diffusione sul web delle opportunità di lavoro e la promozione di numerose iniziative, quali le presentazioni aziendali di concerto con le Facoltà Dipartimentali di Ateneo, i seminari tematici e i Job Day.

Il Servizio Career Service offre agli studenti e ai laureati:

### INFORMAZIONI

- Accoglienza
- Normativa relativa al mercato del lavoro
- Informazioni sul sistema produttivo ed imprenditoriale locale

### CONSULENZA ORIENTATIVA

- Analisi dei fabbisogni
- Inserimento del profilo in banca dati
- Revisione del CV e della lettera di motivazione
- Preparazione ai colloqui di lavoro
- Percorsi di auto ed etero valutazione delle competenze
- Definizione ed elaborazione del progetto professionale
- Supporto personalizzato e sessioni formative sulle tecniche di ricerca attiva del lavoro
- Workshop sulla costruzione del CV e sul personal branding

### TIROCINI DI INSERIMENTO LAVORATIVO

- Informazioni sulle modalità attuative dei tirocini
- Individuazione struttura ospitante e definizione del progetto formativo
- Gestione amministrativa e tutoring

### MATCHING DOMANDA/OFFERTA

- Promozione delle candidature presso le aziende
- Incontri con le aziende
- Sessioni di recruiting

**Ubicazione** TRAPEZIO – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 0

**Referenti** Dott. Andrea Ceccherini tel. 06.22541.9057

Dott.ssa Clio Di Marcello tel. 06.22541-8705

**E-mail** [careerservice@unicampus.it](mailto:careerservice@unicampus.it)

**Orario al pubblico** Lunedì-Venerdì, ore 09:30-13:00 e 15:00-17:00 (su appuntamento)

## SERVIZI PER LO STUDENTE

### ATTIVITÀ SPORTIVE

L'Associazione Sportiva Dilettantistica Campus Bio-Medico, nata nell'a.a. 2011/12, è un ente senza scopo di lucro con la finalità di promuovere l'attività sportiva tra studenti, dipendenti e docenti dell'Università Campus Bio-Medico di Roma.

L'Associazione fa propri i principi ispiratori, la Carta delle Finalità ed il Codice Etico dell'Università Campus Bio-Medico di Roma, sostenendo che anche l'attività sportiva possa contribuire allo sviluppo integrale della personalità umana in tutte le sue dimensioni, sia dal punto di vista di formazione personale (tenacia, forza, costanza, umiltà) sia dal punto di vista relazionale (amicizia, correttezza, collaborazione, condivisione).

Per partecipare alle attività sportive è necessario presentare richiesta di adesione all'associazione attraverso un modulo disponibile presso lo sportello dello sport, allegando il certificato medico di idoneità all'attività sportiva non agonistica e il versamento della quota associativa che viene annualmente deliberata dal Consiglio Direttivo dell'Associazione.

### Sportello dello sport

<b>Ubicazione</b>	PRABB – piano 0 - c/c Ufficio Diritto allo Studio
<b>Referente</b>	Dott.ssa Viviana D'Alaimo tel. 06.22541.1630
<b>E-mail</b>	campusport@unicampus.it
<b>Orario al pubblico</b>	Martedì e Giovedì, ore 14:00-16:00

### ATTIVITÀ CULTURALI

Le attività culturali proposte dall'Università Campus Bio-Medico di Roma si integrano con la formazione tecnico-scientifica al fine di arricchire il percorso formativo anche con contenuti artistico-culturali. Tra le iniziative promosse sono previste visite guidate nei luoghi di interesse artistico, storico e culturale della città di Roma e dintorni e spettacoli teatrali e musicali.

<b>Ubicazione</b>	PRABB – Università Campus Bio-Medico di Roma, piano 1
<b>Referenti</b>	Dott.ssa Maria Grazia Maruca tel. 06.22541.9014
<b>E-Mail</b>	m.maruca@unicampus.it

## **COUNSELING**

Il Servizio di Counseling è uno spazio di ascolto per aiutare gli studenti ad affrontare situazioni di crisi che influiscono negativamente sul raggiungimento degli obiettivi universitari.

Il Counselor offre un supporto professionale per individuare l'origine del disagio e sviluppare possibili soluzioni, attraverso il potenziamento del senso di autoefficacia dello studente ed un aumento della consapevolezza di sé.

### **Obiettivi del Servizio**

- Garantire un sostegno nella risoluzione di situazioni complesse all'interno del contesto universitario (difficoltà relazionali, di integrazione e di adattamento; difficoltà nell'affrontare i momenti di transizione ed i conseguenti cambiamenti)
- Offrire una relazione professionale di aiuto agli studenti che vivono difficoltà personali attraverso il potenziamento della self-efficacy (per imparare a gestire stati di ansia legati alla preparazione degli esami, al mancato superamento di essi, al conseguimento della laurea, alla lontananza da casa, ecc)
- Prevenire i fenomeni del ritardo o dell'abbandono degli studi, e del fuori corso

### **Destinatari**

Il Servizio è rivolto a tutti gli studenti che vivono:

- Difficoltà relazionali e di adattamento al contesto
- Stati di ansia eccessiva legati alla preparazione degli esami, al mancato superamento di essi, al conseguimento della laurea, alla lontananza da casa, ecc
- Difficoltà nello studio con rischio di abbandono
- Difficoltà nell'affrontare i momenti di transizione ed i conseguenti cambiamenti

### **Modalità**

È previsto un numero limitato di colloqui individuali, da concordare insieme al Counselor in base alla situazione da affrontare.

L'accesso al servizio è libero e gratuito.

I colloqui si tengono abitualmente presso la stanza del Tutorato sita nella zona aule del Policlinico Universitario su appuntamento (prof. Pellegrino), presso la stanza del Tutorato.

Le richieste possono essere inoltrate telefonicamente (+39 06.2254-1084), via e-mail a [counseling@unicampus.it](mailto:counseling@unicampus.it), oppure direttamente ai contatti del referente del servizio.

### **Contatti**

Prof. Paolo Pellegrino (Medico-Psicoterapeuta / Responsabile del Servizio) – Interno Università: 1084; oppure \*11008 – [p.pellegrino@unicampus.it](mailto:p.pellegrino@unicampus.it).

## **CAPPELLANIA**

La Cappellania offre formazione spirituale a tutti i membri della comunità universitaria che lo desiderano. I cappellani sono a disposizione di quanti necessitano di consiglio e orientamento per lo sviluppo della vita personale, relativamente ad aspetti umani e spirituali.

### **Attività**

- Celebrazione giornaliera della Santa Messa
- Adorazione Eucaristica
- Amministrazione del Sacramento della Confessione
- Catechesi di preparazione ai Sacramenti della Cresima e del Matrimonio
- Colloqui personali
- Incontri di formazione dottrinale e preghiera

### **Ubicazione**

PRABB, Università Campus Bio-Medico di Roma – piano 0

### **Referenti**

Don Robin Weatherill	tel. 06 22541.9035
Don Luca Fantini	tel. 06.22541.8110
Don Victor Tambone	tel. 06 22541.9033

### **E-mail**

r.weatherill@unicampus.it  
l.fantini@unicampus.it  
v.tambone@unicampus.it

## **SUPPORTI INFORMATICI ALLA DIDATTICA E ALLA COMUNICAZIONE**

### **PIATTAFORMA DI E-LEARNING**

È una piattaforma informatica che fornisce a studenti e docenti strumenti e percorsi di apprendimento innovativi.

Realizzata secondo i criteri pedagogici del costruttivismo e costruzionismo sociale, consente lo scambio di materiale didattico tra docenti e studenti, l'approfondimento di argomenti trattati durante i corsi, la verifica del grado di preparazione agli esami, lo svolgimento di lezioni interattive, la condivisione di informazioni tramite l'interazione nei forum.

Gli studenti possono scaricare dispense e slide del corso ma anche utilizzare funzioni avanzate come quiz, lezione guidata, compito, wiki, sondaggi e tanto altro ancora per esercitarsi in previsione degli esami.

La piattaforma è accessibile all'indirizzo <https://elearning.unicampus.it> da qualsiasi computer collegato ad internet. Tutti gli studenti regolarmente iscritti possono effettuare il login con lo stesso username e password utilizzati per accedere alle risorse informatiche dell'Ateneo. In quasi tutti i corsi è richiesta un'ulteriore "chiave di iscrizione" che viene comunicata dal docente a lezione. La chiave ha lo scopo di filtrare gli studenti solo sui corsi di reale interesse e di rendere più semplice la gestione dei contenuti (comunicazioni su forum e sui calendari) da parte dei docenti.

Dalla dashboard della piattaforma è possibile inoltre accedere ad una serie di servizi, come laboratorio multimediale, biblioteca, segreteria dei corsi di laurea e Career Service, in cui il personale avrà modo di distribuire e rendere reperibile materiale ed informazioni rilevanti per gli studenti.

### **ESSE 3**

È il portale della Segreteria Studenti, accessibile attraverso il sito Internet [www.unicampus.it](http://www.unicampus.it)

Contiene un'area pubblica denominata "Didattica", accessibile a tutti, contenente informazioni relative all'offerta formativa, l'elenco dei corsi di insegnamento, le classi di laurea, il calendario degli appelli.

Docenti e studenti possono inoltre accedere all'Area riservata dove sono presenti funzionalità self-service tra cui anagrafica, iscrizioni, appelli, libretto, analisi carriera, trasferimenti, certificati, immatricolazione.

### **CASELLA PERSONALE DI POSTA ELETTRONICA**

Ogni studente dispone di un indirizzo personale di posta elettronica fornito dall'Università successivamente all'immatricolazione e corrispondente a [nome.cognome@alcampus.it](mailto:nome.cognome@alcampus.it):

### **SITO INTERNET**

Accessibile attraverso l'indirizzo [www.unicampus.it](http://www.unicampus.it).



**Corso di Laurea in  
Ingegneria Industriale**



## ORDINAMENTO E ORGANIZZAZIONE DIDATTICA

### ARTICOLAZIONE DEL CORSO DI LAUREA

Il CdS si articola in tre anni, per un totale di 180 crediti formativi universitari (CFU), necessari per il conseguimento della laurea, suddivisi tra gli insegnamenti afferenti al tronco comune, gli insegnamenti dei percorsi specifici, gli insegnamenti a scelta e la prova finale.

Il credito formativo universitario è l'unità di misura del carico di lavoro che lo studente deve sostenere per superare l'esame. A ogni CFU corrispondono 25 ore di lavoro dello studente, comprensive di quelle svolte in aula o in laboratorio, per assistere alle lezioni o svolgere le esercitazioni, e di quelle dedicate allo studio individuale.

Il CdS si struttura in un tronco comune che fornisce le conoscenze di base e comuni da cui si dipartono i tre percorsi (ognuno composto da 5 insegnamenti da 6 CFU ciascuno) in:

- Ingegneria Biomedica
- Ingegneria Chimica
- Ingegneria Gestionale

Per il percorso in **Ingegneria Biomedica** gli insegnamenti previsti riguardano l'anatomia e la fisiologia umana, la biomeccanica, l'elettronica e l'elaborazione dei segnali, che forniscono le omonime competenze di base fondamentali per l'ingegnere biomedico. Tali competenze richiedono la necessità di conoscere i principi che regolano la vita e, in particolare, la vita dell'uomo, i metodi e gli strumenti per il trattamento dei segnali fisiologici e in generale dei segnali generati da apparati destinati a interagire con il corpo umano. Queste conoscenze corrispondono ai risultati di apprendimento propedeutici alle competenze sopra premesse per il percorso di Biomedica dell'ingegnere industriale.

Per il percorso in **Ingegneria Chimica** gli insegnamenti previsti riguardano la conoscenza della termodinamica applicata all'ingegneria, delle relazioni tra strutture della materia e sue proprietà tecnologiche, dei fondamenti di impiantistica industriale e dell'economia e dell'organizzazione aziendale; questi costituiscono i risultati di apprendimento indispensabili per sviluppare le competenze nella progettazione dei processi di produzione industriale.

Per il percorso in **Ingegneria Gestionale** gli insegnamenti previsti riguardano la conoscenza dell'economia e dell'organizzazione aziendale, dei fondamenti dell'impiantistica e della ricerca operativa con l'obiettivo di fornire gli strumenti metodologici necessari per acquisire le seguenti competenze: comprensione, modellazione ed ottimizzazione dei processi organizzativi e aziendali.

Il percorso si completa con tre insegnamenti (per complessivi 18 CFU) lasciati a scelta dello studente per consentirgli di adattare meglio il percorso formativo alle proprie inclinazioni e aspirazioni. Il servizio di tutorato personale, attraverso un colloquio programmato, può aiutarlo e orientarlo nella scelta di questi insegnamenti.

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale è fornire una solida preparazione di base, necessaria per operare in tutti i settori dell'Ingegneria industriale. La formazione è orientata a rendere il laureato in ingegneria industriale capace di inserirsi efficacemente nei processi di trasformazione in atto che riguardano l'integrazione delle nuove tecnologie in tutte le fasi del processo produttivo. Il CdS è caratterizzato da una solida preparazione in ambito sia teorico che ingegneristico ed è finalizzato all'acquisizione, da parte dello studente, di flessibilità mentale e metodi di studio e di lavoro necessari per:

- essere in grado di affrontare e approfondire le conoscenze specialistiche previste dai Corsi di Laurea Magistrale;
- svolgere l'attività di ingegnere di primo livello nei diversi settori propri dell'Ingegneria Industriale.

Il percorso formativo è strutturato in modo da fornire le conoscenze di base necessarie agli studi di ingegneria e gli elementi essenziali per comprendere il funzionamento dei sistemi di interesse dell'Ingegneria Industriale includendo, a tal fine, nel percorso formativo anche competenze proprie dell'Ingegneria dell'Informazione.

L'approccio perseguito, fondato sulla centralità della persona, prevede in parallelo allo sviluppo delle competenze tecniche anche una formazione specifica sugli aspetti etico-professionali della figura dell'ingegnere.

## OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NELL'A.A. 2019/2020

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE - Insegnamenti comuni - I anno				
Insegnamento	CFU	SSD	Semestre	Propedeuticità
Analisi Matematica e Algebra Lineare	12	MAT/05	I	nessuna
Chimica Generale e Organica	12	CHIM/07	annuale	nessuna
Fondamenti di Informatica	9	ING-INF/05	I	nessuna
Humanities per l'Ingegneria - Mod. Antropologia della Tecnica	2	M-FIL/03	I	nessuna
Humanities per l'Ingegneria - Mod. Etica Generale	1	M-FIL/03	II	nessuna
Meccanica e Termodinamica	9	FIS/03	II	nessuna
Probabilità e Statistica per l'Ingegneria	9	ING-INF/04	II	nessuna

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE – Insegnamenti comuni - II anno				
Insegnamento	CFU	SSD	Semestre	Propedeuticità
Elettromagnetismo	9	FIS/03	I	Analisi Matematica e Algebra Lineare, Meccanica e Termodinamica
Scienza e Tecnologia dei Materiali	6	ING-IND/22	I	nessuna
Metodi Matematici	12	SECS-S/06	I	Analisi Matematica e Algebra Lineare
Elettrotecnica	9	ING-IND/31	II	nessuna
Scienza delle Costruzioni	9	ICAR/08	II	Analisi Matematica e Algebra Lineare; Meccanica e Termodinamica
Modulo a scelta del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria *	1	M-FIL/02 MED/02	II	nessuna
CURRICULUM A-B-C**	6		II	nessuna
A scelta dello studente***	18 CFU complessivi tra II e III anno		II	nessuna

<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE - insegnamenti comuni - III anno</b>				
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeuticità</b>
Fondamenti di Automatica	9	ING-INF/04	I	nessuna
Misure	6	ING-IND/12	I	nessuna
Meccanica per Macchine e Sistemi Bio-meccanici	12	ING-IND/13 ING-IND/34	annuale	nessuna
Humanities per l'Ingegneria - Mod. Etica Applicata	2	MED/43	I	nessuna
CURRICULUM A-B-C**	24			nessuna
Esame a scelta dello studente***	18 CFU complessivi tra II e III anno			nessuna
Prova finale	3			nessuna

<b>* Modulo a scelta del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria * PER 1 CFU - II ANNO</b>				
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeutici</b>
Filosofia nelle Scienze Ingegneristiche	1	M-FIL/02	II	nessuna
Storia della Scienza e della Tecnica	1	MED/02	II	nessuna

<b>**INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM SCELTO DALLO STUDENTE (6 CFU AL II ANNO; 24 CFU AL III ANNO)</b>					
<b>CURRICULUM A - INGEGNERIA BIOMEDICA</b>					
<b>Anno</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeuticità</b>
II ANNO	Fenomeni di Trasporto	6	ING-IND/24	II	nessuna
III ANNO	Fondamenti di Elettronica	6	ING-INF/01	I	nessuna
III ANNO	Elementi di Fisiologia e Anatomia	6	BIO/09; BIO/16	I	nessuna
III ANNO	Elaborazione dei Segnali	6	ING-INF/05	II	nessuna
III ANNO	Biomeccanica Applicata	6	ING-IND/34	II	nessuna
<b>CURRICULUM B - INGEGNERIA CHIMICA</b>					
<b>Anno</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeuticità</b>
II ANNO	Fenomeni di Trasporto	6	ING-IND/24	II	nessuna
III ANNO	Termodinamica Applicata all'Ingegneria	6	ING-IND/24	I	nessuna
III ANNO	Metodi di Ottimizzazione della Ricerca Operativa	6	SECS-S/06	II	nessuna
III ANNO	Impianti Industriali e Macchine	6	ING-IND/25	II	nessuna
III ANNO	Fondamenti di Chimica per l'Industria	6	CHIM/07	II	nessuna

<b>CURRICULUM C - INGEGNERIA GESTIONALE</b>					
II ANNO	Sistemi Informativi	6	ING-INF/05	II	nessuna
III ANNO	Economia e Organizzazione Aziendale	6	ING-IND/35	I	nessuna
III ANNO	Strategie, Processi e Progetti	6	ING-IND/35	II	nessuna
III ANNO	Metodi di Ottimizzazione della Ricerca Operativa	6	SECS-S/06	II	nessuna
III ANNO	Impianti Industriali e Macchine	6	ING-IND/25	II	nessuna

<b>***INSEGNAMENTI A SCELTA DELLO STUDENTE PER 18 CFU COMPLESSIVI TRA II E III ANNO (di cui almeno 6 CFU al III anno)</b>					
<b>Anno</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeuticità</b>
II ANNO	Insegnamenti curriculari erogati al II anno (di curriculum diverso da quello optato dallo studente)				
II ANNO	Programmazione modulare	6	ING-INF/05	II	nessuna
II ANNO	Laboratorio di Meccanica Razionale	6	MAT/07	II	nessuna
II ANNO	English Language and Soft Skills	6	L-LIN/12; M-FIL/02	I	nessuna
III ANNO	Insegnamenti curriculari erogati al III anno (di curriculum diverso da quello optato dallo studente)				
III ANNO	Laboratorio di Misure	6	ING-IND/12	II	nessuna
III ANNO	Laboratorio di Bioingegneria	6	ING-IND/34	II	nessuna
III ANNO	Elettronica Applicata	6	ING-INF/01	II	nessuna
III ANNO	Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo I	6	ING-IND/25	II	nessuna

N.B. L'offerta formativa sopra riportata è rivolta agli studenti che si immatricolano nell'a.a. 2019/2020. Per gli studenti iscritti o trasferiti ad anni successivi al primo, l'offerta formativa è consultabile sul sito internet dell'Ateneo all'indirizzo: <https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-biomedica/piano-di-studi>

## CALENDARIO ACCADEMICO

Le attività formative annuali sono distribuite in due periodi di lezioni (semestri) secondo il calendario di seguito riportato.

Alla fine di ciascun semestre è prevista una sessione di esami.

Durante i periodi di lezione gli studenti in corso non potranno sostenere esami.

Sono previste inoltre due sessioni straordinarie di esami nei mesi di ottobre-novembre e marzo, riservate esclusivamente agli studenti iscritti fuori corso e/o laureandi che abbiano maturato tutte le frequenze dell'ultimo anno.

SEMESTRE	PERIODI DI LEZIONE	ESAMI	VACANZE
I semestre	<b>Didattica frontale</b> dal 30 settembre 2019 al 20 dicembre 2019	<b>1ª sessione ordinaria</b> dal giorno 8 gennaio 2020 al 6 marzo 2020	<b>* Vacanze di Natale</b> dal 23 dicembre 2019 al 7 gennaio 2020
II semestre	<b>Didattica frontale</b> dal 2 marzo 2020 al 29 maggio 2020	<b>2ª sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2020 al 31 luglio 2020  <b>3ª sessione ordinaria</b> dal 1º settembre 2020 al 2 ottobre 2020	<b>* Vacanze di Pasqua</b> dal 9 aprile 2020 al 14 aprile 2020

\* Tutte le date di inizio e fine sono da considerarsi incluse nel periodo di sospensione delle attività.

Per l'A.A. 2019-2020 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1° Novembre 2019

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2019

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2020

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2020

Festa del lavoro: 1° maggio 2020

Festa della Repubblica: 2 giugno 2020

Festa di San Josemaría Escrivà de Balaguer: 26 Giugno 2020

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2020

## SESSIONI DI LAUREA

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

- **Sessione estiva:** dal 1° al 31 luglio 2020
- **Sessione autunnale** dal 1° ottobre 2020 al 30 novembre 2020
- **Sessione invernale** dal 1° al 18 dicembre 2020
- **Sessione straordinaria:** dal giorno 8 febbraio 2021 al 14 maggio 2021

## PIANO DI STUDI

Il Piano di studi è l'elenco di tutti gli insegnamenti o attività formative che lo studente intende seguire nel suo percorso di studi e per i quali deve superare i relativi esami per essere ammesso all'esame finale di laurea.

Le attività formative inserite nel piano di studi sono le seguenti: insegnamenti obbligatori, insegnamenti facenti parte di un curriculum, insegnamenti a scelta, prove di idoneità, prova finale di laurea.

Puoi visionare tutte le attività che dovrai svolgere, consultando l'offerta formativa per il tuo CdS dell'a.a. in cui ti sei immatricolato (per gli studenti attualmente al primo anno, l'offerta 2019/2020; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2018/2019, etc).

Le offerte formative sono disponibili sul sito web d'ateneo al seguente link:

<https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-industriale/piano-di-studi>

### COME COMPILARLO

La compilazione del Piano di Studi deve essere effettuata attraverso l'apposita procedura *on-line*, accedendo al sistema ESSE 3 con le medesime credenziali (*nome utente e password*) fornite dalla Segreteria Studenti per la prenotazione agli esami sulla piattaforma di ESSE 3.

### QUANDO DEVI COMPILARLO/MODIFICARLO

Se sei uno studente del **PRIMO ANNO** (*immatricolato nell'a.a.2019/2020*) devi effettuare la prima compilazione del piano di studi nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà: **22 giugno 2020 – 22 luglio 2020**.

Se sei uno studente del **SECONDO ANNO** (*immatricolato nell'a.a.2018/2019*) e vuoi effettuare delle modifiche al Piano di Studi già presentato nell'anno precedente, devi accedere al sistema Esse3 nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà: **22 giugno 2020 – 22 luglio 2020**.

In prossimità della finestra temporale di compilazione, saranno rese disponibili sulla piattaforma E-learning, le *"istruzioni per la compilazione on-line del Piano di Studi"*.

Si precisa che al di fuori del periodo indicato le domande non verranno accolte. Lo studente è tenuto a verificare sempre le predette scadenze.

Coloro che hanno già presentato un Piano di Studi che sia stato approvato e non intendono apportarvi modifiche, non sono tenuti a ripresentare il Piano di Studi negli anni successivi.

### CHI APPROVA IL PIANO DI STUDI

Il Piano di Studi è sottoposto alla Giunta della Facoltà Dipartimentale che si esprime sull'organicità del curriculum proposto e, quindi, sull'accettabilità del piano di studi stesso.

### COSA PUOI FARE SE TI ACCORGI DI VOLER CAMBIARE QUALCOSA

Non è consentito apportare modifiche al piano di studi dopo la sua approvazione. Tuttavia, alla fine del secondo anno, fine secondo semestre, nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà, potrai effettuare delle modifiche che saranno valide a partire dall'anno accademico successivo. Ai fini della prenotazione alle prove di esame, devi fare riferimento all'ultimo piano di studi presentato e APPROVATO.

## **A CHI PUOI RIVOLGERTI PER ORIENTARTI SULLA TUA SCELTA**

Il Corso di Studi pianifica nel mese di **maggio** un incontro di orientamento e presentazione del piano di studi rivolto a tutti gli studenti del I anno.

La Facoltà ti offre inoltre la possibilità di essere affiancato da un tutor personale che, attraverso un colloquio programmato, ti aiuterà nel pianificare gli esami da svolgere nel II semestre e a ricevere un orientamento per la compilazione del piano degli studi.

## ESAME DI LAUREA

Per il conseguimento del Diploma di Laurea è prevista una prova finale pari a 3 CFU che consiste nella valutazione da parte di una Commissione di un elaborato prodotto dal candidato sotto la guida di un relatore. La composizione della Commissione è definita dal Regolamento Didattico di Ateneo.

L'elaborato finale, redatto in lingua italiana o inglese, consiste in una relazione scritta su una specifica tematica inerente il percorso formativo seguito dal candidato. La Commissione attribuisce un punteggio al laureando in cento decimi, tenendo conto della media pesata degli esami sostenuti, del numero di anni impiegati per raggiungere il numero di crediti previsto, della qualità tecnica dell'elaborato e dello svolgimento della presentazione orale.

Nel lavoro di preparazione dell'elaborato per la prova finale, il candidato approfondirà un argomento di uno degli insegnamenti del CdS, revisionando la letteratura di riferimento con spirito critico. Nel concludere il lavoro proporrà una sua personale critica dello stato dell'arte e/o una visione sulla sua evoluzione, e/o un intervento migliorativo dell'esistente.

Nella stesura dell'elaborato finale il candidato dovrà seguire un modello standard con un numero di caratteri prefissato (s.v. *paragrafo intitolato "Indicazioni per la preparazione della Tesi di Laurea"*).

### Regolamento Laurea Ingegneria Industriale

Per ogni anno accademico, a partire dalla sessione di luglio fino alla sessione di maggio dell'anno successivo, viene nominata una rosa di docenti costituita dal Presidente del Corso di Studio e da altri sei docenti della Facoltà Dipartimentale. Per ogni sessione di laurea viene indicata una Commissione di tre membri, scelti all'interno della rosa, che svolge le audizioni dei laureandi e assegna il voto di laurea.

La commissione invita il candidato a illustrare sinteticamente le attività svolte e i risultati conseguiti. La seduta è pubblica.

Tale colloquio si svolgerà secondo un calendario predisposto dalla commissione nell'arco di tempo fra 10 giorni e 2 giorni prima del *graduation day*, comunicando il calendario medesimo ai candidati con almeno 15 giorni di preavviso. Il calendario viene pubblicato su ESSE3 prima dell'inizio delle audizioni.

Il voto di laurea è comunicato pubblicamente al candidato in occasione del *graduation day* durante il quale la commissione provvede a illustrare sinteticamente le attività svolte da ciascun candidato e i risultati ottenuti.

Il voto di laurea, espresso in centodecimi, è ottenuto dalla somma dei seguenti fattori:

- media dei voti degli esami di profitto, pesata sui CFU, normalizzata su 110; le lodi contribuiscono assegnando convenzionalmente all'insegnamento una votazione di 31/30.
- bonus media:
  - 3 punti per medie pesate in 30esimi nell'intervallo tra 18/30 (incluso) e 22/30 (escluso);
  - 4 punti per medie pesate in 30esimi nell'intervallo tra 22/30 (incluso) e 27/30 (escluso);
  - 5 punti per medie pesate in 30esimi superiori a 27/30 (incluso).
- bonus carriera accademica (in considerazione della durata degli studi e considerando che l'anno accademico di riferimento si conclude con la sessione di maggio):
  - 4 punti se la laurea è conseguita in n. 3 anni accademici;
  - 3 punti se la laurea è conseguita in n. 4 o più anni accademici.
- valutazione prova finale: da 1 a 3 punti come di seguito specificato:

Punti 3	Il lavoro è molto ben svolto ed il candidato dimostra di avere una buona conoscenza della problematica e dei risultati conseguiti
Punti 2	Il lavoro è sostanzialmente ben svolto ed il candidato dimostra di avere una adeguata comprensione della problematica e dei risultati raggiunti
Punti 1	Il candidato mostra di aver una sufficiente comprensione delle finalità del lavoro svolto e dei principali risultati ottenuti
Punti 0	Il lavoro svolto è appena sufficiente

Se la parte decimale della somma è inferiore a 0.5 il risultato della somma è arrotondato per difetto, altrimenti il risultato è arrotondato per eccesso.

### Indicazioni per la preparazione della Tesi di Laurea

Si riportano di seguito i Modelli predisposti dal Gruppo di Assicurazione della Qualità del Corso di Studi e approvati dalla Giunta di Facoltà nella seduta n. 7 del 26/02/2019 per la preparazione dell'elaborato finale e della sua presentazione, ai quali lo studente è tenuto ad attenersi. Tali modelli sono disponibili sulla piattaforma E-learning sotto la sezione Segreteria del Corso di Laurea di riferimento.

#### Tipologia: tesi di revisione della letteratura

L'elaborato dovrà contenere le seguenti sezioni, rispettando il numero massimo di caratteri indicati, per un totale di massimo 16000 caratteri più bibliografia, corrispondenti a circa 10 pagine (o cartelle).

Per le figure di qualsiasi tipo (foto, grafici, immagini) e per le tabelle, non c'è un numero limite. L'elaborato finale, quindi, potrà superare la lunghezza di 10 pagine, pur rispettando i limiti di caratteri indicati di seguito per ogni sezione.

Il laureando che volesse fornire altre informazioni o analisi o elaborazioni che non rientrano nei limiti successivamente indicati, può aggiungere del materiale supplementare. Questo materiale supplementare non è richiesto e la sua produzione è facoltativa.

#### **Introduzione** (max 3000 caratteri)

*Descrizione del background e dello stato dell'arte dell'argomento oggetto dell'approfondimento*

#### **Obiettivi** (max 500 caratteri)

*Descrizione del focus dell'approfondimento con riferimento allo stato dell'arte.*

#### **Descrizione dettagliata dell'argomento individuato negli obiettivi** (max 12000 caratteri)

#### **Contributo personale** (max 500 caratteri)

#### **Bibliografia** (senza limiti di caratteri)

#### Tipologia: tesi applicativa

L'elaborato dovrà contenere le seguenti sezioni, rispettando il numero massimo di caratteri indicati, per un totale di massimo 16000 caratteri più bibliografia, corrispondenti a circa 10 pagine (o cartelle).

Per le figure di qualsiasi tipo (foto, grafici, immagini) e per le tabelle, non c'è un numero limite. L'elaborato finale, quindi, potrà superare la lunghezza di 10 pagine, pur rispettando i limiti di caratteri indicati di seguito per ogni sezione.

Il laureando che volesse fornire altre informazioni o analisi o elaborazioni che non rientrano nei limiti successivamente indicati, può aggiungere del materiale supplementare. Questo materiale supplementare non è richiesto e la sua produzione è facoltativa.

**Introduzione** (max 5000 caratteri)

*Descrizione del background e dello stato dell'arte.*

**Obiettivi** (max 500 caratteri)

*Descrizione degli obiettivi del lavoro con riferimento allo stato dell'arte.*

**Descrizione del lavoro svolto** (max 5000 caratteri)

**Risultati e conclusioni** (max 5000 caratteri)

**Contributo personale** (max 500 caratteri)

**Bibliografia** (senza limiti di caratteri)

Modello da seguire per la preparazione della presentazione finale

La presentazione dovrà contenere le seguenti sezioni, rispettando il numero massimo di lucidi indicati, per un totale di 11 lucidi.

**Copertina** (1 lucido)

**Sommario** (1 lucido)

Contenente tutte le sezioni successive, con brevissimi riferimenti ai contenuti di ciascuno.

**Introduzione** (2 lucidi)

*Descrizione del background e dello stato dell'arte. Focus specifico sulle particolari necessità/richieste/lacune che costituiscono lo specifico oggetto dello studio e dalle quali nasce l'obiettivo.*

**Obiettivi** (1 lucido)

*Descrizione degli obiettivi del lavoro con riferimento allo stato dell'arte.*

**Descrizione del lavoro svolto** (3 lucidi)

*Illustrazione di come il lavoro è stato programmato e organizzato, con particolare attenzione alla descrizione degli strumenti SW/HW utilizzati, ad eventuali metodologie standard o appositamente sviluppate. Descrizione degli eventuali esperimenti/test che sono stati svolti. . Si incoraggia l'utilizzo di grafici e schemi.*

**Risultati e conclusioni** (2 lucidi)

*Presentazione dei risultati raggiunti e delle conclusioni che essi supportano. Si incoraggia l'utilizzo di grafici e schemi.*

**Contributo personale** (1 lucido)

*Descrizione dell'apporto personale fornito dal candidato al lavoro svolto.*

Modello da seguire per la preparazione del graphical/video abstract

Il graphical/video abstract è facoltativo.

Si tratta di una immagine o di un video (senza audio e della durata massima di 15 secondi) che rappresentino il lavoro di tesi.

Sarà proiettato durante il graduation day nel momento in cui verrà presentato il candidato.

Nello svolgimento della prova finale, il laureando deve dimostrare di essere in grado di svolgere ricerche bibliografiche e di organizzare la ricerca di dati e di altre informazioni relativamente a tematiche afferenti ai diversi ambiti di pertinenza dell'ingegneria.

Deve poi essere capace di formalizzare problemi ingegneristici di media complessità utilizzando gli strumenti della matematica e della fisica, effettuare sperimentazioni, simulazioni e studi su prototipi o impianti pilota raccogliendo i dati in modo coerente ed organico.

Deve infine saper presentare i dati e le conclusioni della problematica analizzata in modo chiaro e con rigore formale.

## ADEMPIMENTI PER ACCEDERE ALL'ESAME DI LAUREA

Lo studente può accedere all'esame di Laurea solo se ha già acquisito i CFU previsti dal Manifesto degli Studi e dalla normativa vigente.

Per essere ammesso alla sessione di laurea, come previsto dal regolamento, è **condizione irrinunciabile** la presentazione della seguente documentazione:

- **almeno 3 mesi prima** dell'inizio del periodo indicato per la seduta dell'esame di Laurea a cui lo studente intende partecipare, presentare al Rettore e al Preside della Facoltà domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tali domande devono essere presentate su appositi moduli predisposti, rispettivamente, dalla Segreteria Studenti e dalla Segreteria Didattica della Facoltà di Ingegneria e disponibili *on-line*. Le domande devono essere sottoscritte anche dal docente di riferimento della Facoltà che guiderà lo studente nella preparazione dell'elaborato.
- **almeno 20 giorni** prima dalla data di Laurea, procedere all'iscrizione online alla sessione di laurea e all'inserimento dei dati dell'elaborato finale. Il titolo dell'elaborato non potrà più essere modificato.
- **almeno 10 giorni** prima dalla data di Laurea, consegnare una copia della tesi in formato PDF alla biblioteca, alla segreteria studenti e alla segreteria didattica.

All'approssimarsi della seduta di Laurea, la Segreteria Studenti, con congruo preavviso, procederà alla pubblicazione delle date precise per gli adempimenti sopra menzionati.

## **OBBLIGHI FORMATIVI AGGIUNTIVI (OFA)**

### **Cosa sono gli OFA**

In attuazione di quanto previsto dal DM n. 270/2004, art. 6, comma 1, agli studenti in ingresso, che nella prova di ammissione abbiano ottenuto un risultato inferiore rispetto ad una soglia minima stabilita nel relativo bando, vengono attribuiti degli Obblighi Formativi Aggiuntivi (OFA).

I suddetti candidati sono tenuti a seguire specifici percorsi formativi secondo modalità che verranno rese note all'inizio delle attività didattiche, al fine di colmare eventuali obblighi formativi aggiuntivi (OFA). In particolare gli OFA devono essere colmati prima di sostenere gli esami di profitto previsti dal proprio Piano di Studi, e comunque entro il primo anno.

Ulteriori eventuali OFA potranno essere attribuiti sulla conoscenza della lingua inglese a seguito di specifica prova che si terrà all'inizio delle attività didattiche.

Maggiori informazioni sulle modalità di superamento degli OFA sono disponibili sul sito internet: <https://www.unicampus.it/component/content/article/2-non-categorizzato/33281-obblighi-formativi-aggiuntivi-ofa-cdl-in-ingegneria-industriale>

## **PERCORSO DI ECCELLENZA**

A partire dall'a.a 2018/2019 è attivo il Percorso di Eccellenza del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale, con lo scopo di valorizzare gli studenti secondo criteri di merito. Consiste in attività formative aggiuntive e complementari a quelle del corso di studio al quale è iscritto lo studente, gli obiettivi formativi sono l'interdisciplinarietà, lo spirito critico e l'apertura a tematiche sociali oltre all'approfondimento teorico-pratico delle discipline dell'Ingegneria Industriale. Il complesso delle attività formative previste dal percorso di eccellenza comporta per lo studente un impegno massimo annuale di 8 CFU e non dà luogo al riconoscimento di CFU utilizzabili per il conseguimento dei titoli universitari rilasciati dall'Università Campus Bio-Medico di Roma. Ad ogni studente ammesso al percorso di eccellenza sarà assegnato un tutor. Al conseguimento del titolo di studio l'Università Campus Bio-Medico di Roma rilascia allo studente che ha concluso il Percorso, oltre al diploma di Laurea, un'attestazione di conseguimento del Percorso di Eccellenza. Tale attestazione verrà registrata nella carriera dello studente in termini di CFU extracurricolari che confluiscono nel Diploma Supplement.

Lo studente inserito nel Percorso gode di una borsa di studio a copertura totale del contributo unico universitario per il triennio e di ulteriori benefici come la frequenza gratuita di un corso British Council di preparazione per il conseguimento o mantenimento della certificazione linguistica IELTS e di una Summer School organizzata in collaborazione con istituzioni accademiche o altre organizzazioni internazionali.

## LABORATORI DIDATTICI

Il Corso di Laurea in Ingegneria Industriale utilizza i Laboratori multimediali, il Laboratorio di Chimica e il Laboratorio di Misure.

### LABORATORI INFORMATICI

Indirizzo: Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria (PRABB), piano 0 in via Alvaro del Portillo 21, Roma.

Struttura Responsabile: Area Servizi Informatici

Laboratorio	Attrezzatura	N. postazioni	Personale tecnico e orari
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 PC Lenovo ThinkCentre M710 Tiny Intel Core i7-7400T Processor 16GB DDR4 2400 SODIMM 256 GB Solid State Drive M.2 NVMe;</li> <li>- Windows 10 Professional;</li> <li>- 2 lavagne;</li> <li>- 1 proiettore;</li> <li>- 1 Lavagna Multimediale.</li> </ul>	50 + 1 postazione docente	1 tecnico (Il lab. A segue gli orari delle attività didattiche; il lab. B dalle 9.00 alle 19.30)
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 18 Lenovo ThinkCentre M710 Tiny Intel Core i7-7400T Processor 8 GB DDR4 2400 SODIMM 256 GB Solid State Drive M.2 NVMe</li> <li>- Windows 10 Professional;</li> <li>- 2 Multifunzioni Canon collegate in rete su tutte le postazioni in aula;</li> <li>- 2 lavagne;</li> <li>- 1 proiettore.</li> </ul>	18 + 1 postazione docente + 5 postazioni per l'utilizzo dei portatili personali	

Le postazioni del Laboratorio A sono dedicate allo svolgimento di attività didattiche, lezioni che necessitano di strutture informatiche.

Le postazioni del Laboratorio B sono disponibili per elaborazione dati da parte di studenti laureandi, dottorandi e ricercatori.

### Il servizio di stampa (Laboratorio B):

Gli studenti hanno a disposizione in totale 4 Multifunzione Canon imageRUNNER ADVANCE C5550i, 2 in biblioteca e 2 in laboratorio multimediale.

Tutte le multifunzione Canon imageRUNNER ADVANCE C5550i permettono la stampa, scansione e copia. L'università fornisce allo studente tutto l'occorrente per stampare, fotocopiare e scansionare, inclusa la carta. All'inizio dell'anno accademico ogni studente riceve dall'Università un accredito pari a 20 euro per i servizi di stampa. Successivamente lo studente può ricaricare la carta, tramite il badge personale, presso la Biblioteca.

È possibile, inoltre, tramite il servizio di mobiprint, stampare da qualsiasi dispositivo multimediale (smartphone, tablet, pc portatile, ecc.), inviando una e-mail, con il file allegato che si desidera stampare.

## LABORATORI DI CHIMICA E MISURE

Laboratorio	Descrizione attrezzature	N. postazioni
Laboratorio di Chimica	<p>2 cappe chimiche monoposto indipendenti, 1 cappa biologica a flusso laminare di classe II, 1 armadio aspirato per lo stoccaggio di reagenti chimici pericolosi e 4 refrigeratori a diverse temperature (+4°C e -20°C) per lo stoccaggio di campioni e/o reagenti chimici.</p> <p>Le esercitazioni pratiche sono possibili grazie alla presenza di vetreria a precisione variabile e di un cospicuo numero di strumentazioni che consentono di eseguire analisi qualitative e quantitative su un'ampia gamma di tipologie di campioni che spaziano dagli alimenti, ai fluidi biologici fino ai metalli.</p> <p>Le apparecchiature scientifiche presenti sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– spettrofotometro UV-VIS a doppio raggio (Shimadzu);</li> <li>– spettrofotometro UV-VIS a monoraggio (Eppendorf);</li> <li>– strumento per la Cromatografia ad Alta Pressione (High Performance Liquid Chromatography – HPLC, Shimadzu);</li> <li>– gascromatografo (GC, Shimadzu);</li> <li>– apparato per la cromatografia su strato sottile (TLC); potenziato (Bio-Logic);</li> <li>– reometro (Anton Paar);</li> <li>– titolatore automatico (Mettler Toledo); rifrattometro;</li> <li>– polarimetro;</li> <li>– ebullimetro;</li> <li>– bilance tecniche ed analitiche; agitatori magnetici;</li> <li>– vortex;</li> <li>– centrifughe;</li> <li>– termociclatore per reazioni di amplificazione a catena – PCR; apparati di elettroforesi verticale ed orizzontale (Bio-Rad);</li> <li>– transilluminatore-UV;</li> <li>– incubatore cellulare (KW);</li> <li>– bagnetto termostato (KW);</li> <li>– microscopio ottico invertito (Nikon).</li> </ul> <p>Il Laboratorio è dotato, altresì, di un videoproiettore che consente la discussione dei protocolli da applicare per le esercitazioni e dei risultati ottenuti.</p>	<p>Dalle 15 alle 18 postazioni di lavoro, per un massimo di 45 studenti</p>
Laboratorio di Misure	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Calcolatore dotato dei software MATLAB e LabView oltre al pacchetto Office, alimentatore in continua, oscilloscopio digitale e generatore di funzione interfacciabili al calcolatore, multimetri digitali, basette prototipali e componentistica elettronica e meccanica (per ciascuna postazione).</li> <li>– Box di resistenze, induttanze, capacità, reostati, amplificatori operazionali per l'esecuzione di esercitazioni pratiche per la realizzazione di circuiti di linearizzazione, filtri passivi, sistemi risonanti, etc.</li> <li>– Ulteriore strumentazione (ponte di misura programmabile, scheda di conversione analogicodigitale, calibratore per termocoppie e scheda DSP per controllo assi) è a disposizione per lo svolgimento di progetti più complessi.</li> </ul>	<p>8 postazioni di lavoro, al massimo 24 studenti</p>

## SCHEDE DEGLI INSEGNAMENTI (in ordine alfabetico)

*Le schede di seguito riportate si riferiscono ad insegnamenti erogati nell'a.a.19/20*

### ANALISI MATEMATICA E ALGEBRA LINEARE

**Docenti** Flavia Smarrazzo (Tit.); Marco Papi

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

#### Obiettivi

##### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire allo studente conoscenze e tecniche fondamentali dell'Analisi Matematica e dell'Algebra Lineare, con particolare riferimento al calcolo differenziale ed integrale per le funzioni di una variabile reale, allo studio di successioni e serie numeriche, al calcolo matriciale, alla risoluzione di sistemi lineari, a nozioni di base su spazi e sottospazi vettoriali. Ulteriore obiettivo è la preparazione dello studente alla comprensione di problematiche di base dell'Analisi Matematica e dell'Algebra Lineare ed all'applicazione delle tecniche analitiche alle altre discipline scientifiche.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate* Lo studente dovrà saper affrontare attivamente e comprendere problematiche tipiche della matematica. Inoltre, lo studente dovrà acquisire conoscenze, capacità e competenze volte a saper traslare le informazioni teoriche e le abilità operative acquisite nell'ambito dell'Analisi Matematica e dell'Algebra Lineare ai contesti scientifici e tecnologici propri dell'ingegneria.

##### *Autonomia di giudizio*

Lo studente dovrà sviluppare una capacità critica nell'individuare la soluzione idonea e pertinente ai problemi proposti. A tale scopo, verranno analizzati esempi e casi di studio sollecitando gli studenti alla discussione. L'autonomia di giudizio verrà verificata tramite prove pratiche e teoriche volte a valutare la capacità di elaborare in modo autonomo ed originale le tematiche proprie dell'Analisi Matematica e dell'Algebra Lineare apprese.

##### *Abilità comunicative*

Lo studente verrà stimolato allo sviluppo delle abilità comunicative mediante l'organizzazione e la preparazione di una prova teorica a risposta aperta.

##### *Capacità di apprendimento*

Lo studente dovrà aver acquisito non solo competenze e conoscenze adeguate al superamento dell'esame, ma soprattutto stimoli, capacità e metodi di apprendimento adeguati per l'aggiornamento ed il miglioramento continuo delle proprie competenze nell'ambito della matematica applicata all'ingegneria. In particolare, lo studente dovrà apprendere come la teoria generale possa a sua volta essere applicata a problemi concreti tipici degli studi ingegneristici.

#### Prerequisiti

Argomenti di base di matematica generalmente svolti nelle scuole secondarie: equazioni e disequazioni razionali ed irrazionali, equazioni e disequazioni con esponenziali, logaritmi e valore assoluto; nozioni di geometria analitica e trigonometria.

## Contenuti

- Analisi Matematica (90 ore) -

Nozioni di base sulla teoria degli insiemi; numeri naturali, numeri interi relativi, numeri razionali; costruzione dell'insieme dei numeri reali (Dedekind); estremo superiore ed estremo inferiore; elementi di topologia sulla retta reale. Nozioni di base sulle funzioni; funzioni iniettive e suriettive; funzioni elementari. Successioni; limiti di successioni. Serie numeriche; criteri di convergenza. Limiti e continuità di funzioni di una variabile; proprietà e teoremi sulle funzioni continue. Definizione di derivata; derivate successive; teoremi sulle funzioni derivabili; massimi e minimi di funzioni e metodi per determinarli. Formula di Taylor e sue applicazioni. Numeri complessi. Calcolo integrale; principali metodi di integrazione; teorema fondamentale del calcolo integrale; integrali impropri.

- Algebra Lineare (30 ore) –

Spazi vettoriali reali; sottospazi; basi e coordinate di un vettore in una base; dimensione di uno spazio vettoriale. Sistemi di equazioni lineari; sistemi omogenei. Generalità sulle matrici; matrici quadrate; prodotto di matrici; matrici unità; matrici invertibili. Determinanti e loro proprietà. Matrici singolari; inversa di una matrice non singolare. Rango di una matrice. Teorema di Rouché- Capelli e teorema di Cramer. Metodo generale di soluzione dei sistemi lineari. Prodotto scalare. Lunghezza di un vettore. Disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Coefficienti di Fourier. Basi ortonormali. Complemento ortogonale di un sottospazio. Proiezioni ortogonali.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali (120 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Esercitazioni (lezioni frontali) e tutorati in aula con cadenza settimanale (40 ore).

## Verifica dell'apprendimento

La prova d'esame consiste nel superamento di una prova pratica e di una prova teorica.

La prova pratica comprende 7 esercizi a risposta aperta sull'intero programma per un punteggio complessivo (massimo) pari a 32. La struttura della prova pratica prevede 4 domande di Analisi Matematica, 3 domande di Algebra Lineare ed ha una durata di 3 ore. La scelta della risposta aperta mira ad accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi. In particolare, la prova mira a premiare la capacità di identificare gli aspetti più importanti di ciascun argomento nella risoluzione di un esercizio (vale a dire, riconoscere la priorità delle informazioni per ciascuna tematica) e di esporli in modo corretto ma sintetico.

Lo studente potrà accedere alla prova teorica solo dopo aver conseguito un punteggio di almeno 18/32 nella prova pratica, così suddiviso: almeno 9 punti relativamente alla parte di Analisi Matematica ed almeno 9 punti relativamente alla parte di Algebra Lineare. La prova teorica comprende tre domande a risposta aperta sugli argomenti del corso (definizioni, enunciati, dimostrazioni) per un punteggio massimo pari a 30/30 ed è volta alla verifica delle conoscenze, del rigore metodologico e delle abilità comunicative acquisite dallo studente. Il tempo massimo assegnato per lo svolgimento della prova teorica è pari a 1 ora.

Il voto finale, espresso in trentesimi (ed eventuale lode) è il risultato dell'esito combinato delle due prove (pratica e teorica), pari rispettivamente al 75% e al 25% del voto complessivo della prova finale. La lode verrà attribuita qualora il voto complessivo superi il punteggio di 30/30.

## Testi

- 1] M. Bramanti, C.D. Pagani, S. Salsa, Analisi Matematica 1, Zanichelli
- 2] M. Bramanti, Esercitazioni di Analisi Matematica 1, Ed. Esculapio, 2011, Bologna, 2011
- 3] E. Giusti, Esercizi e Complementi di Analisi Matematica vol. 1, Bollati Boringhieri
- 4] Manlio Bordononi, Introduzione all'Algebra Lineare ed alla Geometria Analitica, ed. Esculapio, Bologna, 2013
- 5] Walter Rudin, Principles of Mathematical Analysis, third edition, McGraw-Hill.

## **ANTROPOLOGIA DELLA TECNICA** *(modulo del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria)*

**Docenti** Vittoradolfo Tambone (Tit.); Giampaolo Ghilardi; Antonio Petagine  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

Nel Corso verranno affrontate le principali questioni di Antropologia filosofica, per consentire di individuare nella natura dell'uomo-persona e nella sua intrinseca eticità il filo che unisce i vari settori scientifico disciplinari del Corso di laurea in Ingegneria.

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base dell'Antropologia Filosofica.

*Capacità applicative*

Lo studente dovrà essere in grado di riconoscere nella natura della persona umana e nella sua intrinseca eticità il fondamento ultimo dell'agire tecnico e scientifico.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla comprensione ed elaborazione delle nozioni fondamentali dell'Antropologia Filosofica necessarie per realizzare l'umanizzazione della prassi tecnologica.

*Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre in modo efficace, chiaro, esauriente e logico-consequenziale gli argomenti trattati.

*Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare una crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia che integri la frequenza alle lezioni e ai vari dibattiti sui documentari e sui films e lo studio personale.

### **Prerequisiti**

Nessuno

### **Contenuti**

Antropologia:

1. Introduzione al programma. Obiettivi e metodi
2. Perché la scienza e la tecnica hanno bisogno della filosofia: l'unità del sapere
3. Tecnica, tecnologia, tecnoscienza
4. Tecnofobia o tecnomania?
5. Da Dedalo ad Avatar: miti, metafore e narrazioni della tecnica
6. Immagini dell'uomo: la visione greca, l'antropologia cristiana, l'antropocentrismo moderno e il tecnocentrismo postmoderno
7. La persona umana e la sua complessità. Antinomie: naturale/artificiale; umano/non umano
8. Il corpo vissuto: la distinzione tra Körper e Leib
9. Nuove tecnologie, nuove immagini del corpo

## Metodi Didattici

Il corso prevede lezioni frontali, integrate con discussioni su film o documentari scientifici, al fine di attualizzare le questioni antropologiche affrontate e di applicare in contesti diversi i criteri di scelta etica.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze relative all'etica sono verificate mediante prova orale.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30 in ogni parte.

Il voto finale conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- Maria Teresa Russo, Corpo, Salute, Cura. Linee Di Antropologia Biomedica, Rubbettino, Soveria Mannelli (Cz), 88-498-0817-8, 2004

# BIOMECCANICA APPLICATA

**Docente** Francesca Cordella (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza, capacità di comprensione e capacità applicative*

Il corso si propone di fornire allo studente strumenti teorici ed applicativi per l'analisi biomeccanica del corpo umano, con particolare riferimento al sistema muscolo-scheletrico. Verranno analizzate le caratteristiche della struttura di tale sistema per poi approfondire il comportamento viscoelastico di componenti quali tendini, legamenti e cartilagine, la generazione di forze muscolari e la presenza di reazioni vincolari alle articolazioni in condizioni statiche, l'analisi biomeccanica del movimento con applicazione al cammino. Gli argomenti teorici saranno affiancati sia da esercizi applicativi che da attività sperimentali.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella comprensione dei concetti teorici e nella valutazione dei risultati nell'ambito delle esercitazioni e delle attività sperimentali svolte durante l'intero corso.

*Capacità di apprendimento*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni (con riferimento sia ad argomenti teorici che ad esercitazioni) e consenta una partecipazione attiva alle stesse. Il corso, tramite le attività sperimentali, stimola la traslazione dei concetti appresi ad ambiti pratici specifici, per consentire lo sviluppo della capacità di applicare e contestualizzare metodi e nozioni.

*Abilità nella comunicazione*

Si porrà particolare cura alla qualità della comunicazione, con particolare riferimento al linguaggio parlato (proprietà di linguaggio, correttezza formale dell'esposizione) e a quello scritto, tramite l'esposizione delle attività sperimentali supportate da slide. Lo studente, pertanto, oltre ad apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace, verrà anche introdotto alla preparazione di una presentazione tecnica.

## Prerequisiti

Non richiesti

## Contenuti

Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti di base per l'analisi della biomeccanica del corpo umano, con particolare interesse al sistema muscolo-scheletrico. Nel dettaglio, il corso di Biomeccanica Applicata prevede l'insegnamento dei seguenti argomenti:

1. **FONDAMENTI DI BIOMECCANICA (6 ore)**
  - Introduzione alla biomeccanica e applicazioni
  - Introduzione alla modellazione del sistema muscolo-scheletrico (ossa, tendini, legamenti, cartilagine, articolazioni)
2. **MODELLI VISCOELASTICI DEI TESSUTI BIOLOGICI (18 ore)**
  - Analisi e modellazione dei tessuti biologici viscoelastici
  - Calcolo della risposta a ingressi di posizione e forza in corpi viscoelastici
  - Attività di raccolta ed elaborazione dati in laboratorio: estrazione, per via sperimentale, delle proprietà di tessuti biologici selezionati
3. **MODELLI PER LA STATICA DEL CORPO UMANO (18 ore)**
  - Analisi e modellazione del sistema muscolo-scheletrico
  - Calcolo delle azioni muscolari e delle forze articolari
  - Attività di raccolta ed elaborazione dati in laboratorio: estrazione, per via sperimentale, di forze muscolari e reazioni vincolari di distretti corporei selezionati
4. **BIOMECCANICA DEL MOVIMENTO (18 ore)**
  - Analisi biomeccanica del cammino
  - Calcolo della cinematica del cammino in condizioni planari
  - Attività di raccolta ed elaborazione dati in laboratorio: estrazione, per via sperimentale, di angoli articolari durante il cammino in piano.

## Metodi Didattici

6 CFU di lezioni frontali che includono: i) la presentazione di argomenti di tipo teorico per lo svolgimento di attività di analisi della biomeccanica del corpo umano; ii) lo svolgimento di esercitazioni che mostrano l'applicazione della teoria a problemi specifici iii) lo svolgimento di lezioni pratiche in laboratorio per l'impiego degli strumenti teorico-applicativi analizzati.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative alle tematiche del corso sono verificate con le seguenti modalità:

- a) prova scritta, in cui si richiede la soluzione di 3 quesiti, a ciascuno dei quali è assegnato un punteggio compreso tra 0 e 10 punti.
- b) prova orale su argomenti trattati durante il corso, durante il quale il docente ha la possibilità di verificare il livello di padronanza degli strumenti teorici e della loro applicazione (acquisiti sia in aula che tramite studio personale) nonché il livello di capacità analitica, di presentazione e di rigore formale raggiunto dallo studente. La verifica sarà basata sulla presentazione tramite slide del lavoro sperimentale svolto e sulla risposta a quesiti posti su argomenti teorici e pratici.

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. È possibile accedere alla prova orale solo se si è ottenuta una votazione di almeno 18/30 alla prova scritta dello stesso appello. La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su

tutte le prove (scritto e orale) con un punteggio finale superiore a 30/30. Nella formulazione del voto finale, i voti della prova scritta e della prova orale (ciascuno necessariamente maggiore o uguale di 18/30) saranno considerati con uguale peso.

## Testi

- Dispense distribuite dai docenti.
- G. Legnami, G. Palmieri, Fondamenti di Meccanica e Biomeccanica del Movimento, CittàStudi edizioni.
- N. Ozkaya, M Nordin, Fundamentals of Biomechanics, second edition, Springer.
- D. A. Winter, Biomechanics and Motor Control of Human Movement, Fourth Edition, Wiley.

# CHIMICA GENERALE E ORGANICA

**Docente** Marcella Trombetta (Tit.); Sara Maria Giannitelli

**Periodo** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi

Obiettivo del corso è fornire i concetti di base di chimica generale inorganica e organica in quanto fondamentali delle tecnologie.

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze: sulle basi atomiche della chimica per la costruzione della tavola periodica degli elementi e per una predizione ragionevole: sul come e perché gli atomi reagiscono; sul legame chimico e sua correlazione con le proprietà della materia; sulla spontaneità o equilibrio delle reazioni chimiche; sulle principali classi di composti organici e sulla loro reattività. Lo studente sarà in grado di: comprendere il significato delle reazioni chimiche ed effettuare calcoli stechiometrici; descrive le caratteristiche chimico-strutturali della materia nei diversi stati di aggregazione; comprendere gli aspetti energetici e cinetici delle trasformazioni chimiche.

### *Capacità applicative*

Lo studente dovrà essere in grado di fare previsioni sulla reattività di un elemento in base alla sua posizione nella tavola periodica; di saper scrivere una formula di struttura di Lewis; di classificare i composti sulla base del legame chimico e proprietà; di saper discutere un equilibrio chimico ed i fattori che lo influenzano con particolare attenzione per gli equilibri acido/base; di saper definire una specie ossidante e riducente; di saper definire e utilizzare le funzioni termodinamiche; di saper scrivere le formule dei composti organici e utilizzarli per sintetizzarne altri. Lo studente dovrà inoltre essere in grado di risolvere problemi stechiometrici di utilità pratica (calcolo moli, bilanciamento reazioni, reagente limitante, resa, definizione concentrazione e modi di esprimerla, preparazione soluzioni per diluizione).

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari e attraverso la scelta del testo di riferimento. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

### **Prerequisiti**

Conoscenze di base di matematica e fisica.

### **Contenuti**

*Introduzione:* il metodo scientifico, metodi di misura, unità di misura, notazione scientifica, densità, temperatura, materia ed energia, trasformazioni fisiche e chimiche.

*Atomi e molecole:* le teorie di Dalton, Bohr, la teoria atomica moderna, la tavola periodica, la configurazione elettronica degli atomi.

*Il legame chimico:* ionico, covalente, nomenclatura inorganica, formule di struttura, elettronegatività, legami polari e apolari.

*Reazioni chimiche:* concetto di mole, stechiometria, tipi di reazioni, redox.

*Lo stato della materia:* le leggi dei gas, forze intermolecolari, liquidi, solidi, passaggi di stato ed energia.

*Soluzioni:* concentrazioni %w/w, %w/v, %v/v, Molarità, molalità, Normalità, solubilità, le proprietà colligative.

*Termodinamica chimica:* la prima legge della termodinamica, il lavoro nelle reazioni chimiche, energia interna, seconda legge della termodinamica, definizione di entropia, energia libera G: definizione, concetto di spontaneità, dipendenza di G dalla pressione e dalla temperatura, equazione di Gibbs-Helmoltz.

*L'equilibrio chimico:* la legge dell'equilibrio chimico,  $K_p$ ,  $K_c$  e  $K_x$ , effetto sull'equilibrio della pressione, temperatura, concentrazioni, l'equazione di van't Hoff, il principio di Le Chatellier, la regola delle fasi di Gibbs, diagrammi di fase a un componente e diagrammi binari.

*Equilibri di solubilità:* solubilità dei composti, equazioni ioniche,  $K_{ps}$ , applicazioni.

*Cinetica chimica:* concetto, equazioni della velocità, ordine di reazione, molecolarità, reazioni del primo del secondo, tempo di semireazione, profilo energetico, energia d'attivazione, catalisi, equazione di Arrhenius, meccanismi di reazione.

*Acidi e basi:* definizioni di Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis, acidi e basi forti e deboli, anfoterismo, idrolisi, neutralizzazione, pH, tamponi.

*Elettrochimica:* le leggi di Faraday, Celle galvaniche: concetti, diagramma di cella, anodo e catodo, semielementi, f.e.m, spontaneità di cella, equazione di Nernst, elettrodi, pile di Volta, Daniell, Leclanché, accumulatore al Pb.

*Celle Elettrolitiche:* concetti, processi a sali fusi e a soluzioni acquose, celle commerciali.

*Chimica Organica:* gruppi funzionali e nomenclatura, principali meccanismi di reazione.

### **Metodi Didattici**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Le lavagne delle lezioni saranno caricate sulla pagina del corso della piattaforma di e-learning moodle. unicampus.it.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative alla chimica inorganica e alla chimica organica vengono verificate mediante una prova scritta su carta in cui lo studente deve risolvere un totale di n. 15 esercizi, ognuno con punteggio variabile da 1 punto a 4 punti, che dovranno essere risolti in un tempo massimo di 2 ore. Il punteggio massimo conseguibile nella prova scritta è di 30/30.

In particolare, la prova scritta consiste in:

- n. 12 esercizi a risposta aperta di chimica inorganica;
- n. 3 esercizi a risposta aperta di chimica organica.

La scelta della risposta aperta mira ad accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi. In particolare, la prova mira a premiare la capacità d'identificare gli aspetti più importanti di ciascun argomento.

Nella prova scritta, lo studente deve dimostrare di saper:

1. scrivere la formula chimica e di struttura di un composto e ioni,
2. bilanciare e definire i prodotti di una reazione chimica
3. risolvere problemi stechiometrici
4. applicare la legge dei gas
5. utilizzare le diverse espressioni della concentrazione delle soluzioni
6. bilanciare una reazione redox
7. risolvere gli equilibri chimici e di solubilità
8. calcolare il pH di diversi sistemi
9. calcolare il peso molecolare di un composto dalle sue proprietà colligative
10. determinare le proprietà colligative di una soluzione
11. determinare la variazione delle funzioni di stato termodinamiche di una reazione
12. definire una pila e calcolarne la f.e.m.
13. scrivere i prodotti e il meccanismo delle reazioni dei principali gruppi funzionali della chimica organica.

L'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Agli studenti che conseguiranno una votazione pari a 30/30 sarà data la possibilità di sostenere una prova orale per ambire al conseguimento della Lode. Il risultato dell'orale farà, comunque, media con i 30/30 conseguiti nella prova scritta. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

Ulteriori dettagli sono forniti allo studente attraverso il documento denominato "Regole d'Esame" pubblicato sulla pagina del corso nella piattaforma di e-learning moodle.unicampus.it.

## Testi

- K.G. Whitten, R.E. Davis, M.L. Peck, G.G. Stanley CHIMICA GENERALE, IX edizione, Piccin Nuova Libreria, 2009; P. Silvestroni FONDAMENTI DI CHIMICA, Casa Editrice Ambrosiana, 1996; H. Hart, C.M Hadad, L.E. Craine, D. J. Hart, CHIMICA ORGANICA, VII edizione, Zanichelli, 2012.
- K.G. Whitten, R.E. Davis, M.L. Peck, G.G. Stanley CHIMICA GENERALE, IX Ed, Piccin Nuova Libreria, 2009; P. Silvestroni FONDAMENTI DI CHIMICA, Casa Editrice Ambrosiana, 1996; H. Hart, C.M Hadad, L.E. Craine, D. J. Hart, CHIMICA ORGANICA, VII Ed, Zanichelli, 2012.

Esercizi numerici:

- P. M. Lausarot, G. A. Vaglio, Stechiometria per la Chimica Generale, Piccin.

## ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

<b>Docente</b>	Lorenzo Ardito
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

#### a) Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire agli studenti gli elementi di base della teoria micro- e macro-economica attraverso la definizione dei modelli di funzionamento dei mercati a livello di impresa e a livello aggregato. Inoltre, si vuole fornire una panoramica del sistema impresa sia dal punto di vista giuridico/organizzativo - distinguendo le diverse forme d'impresa secondo il Codice Civile e secondo la struttura organizzativa - sia dal punto di vista operativo - introducendo i principali strumenti di pianificazione, decisione e controllo di impresa.

#### b) Risultati di apprendimento attesi

Gli studenti acquisteranno conoscenze concettuali delle teorie, degli strumenti e dei modelli dell'analisi economica. In particolare, svilupperanno conoscenze di base relative al comportamento dei singoli attori economici, alle caratteristiche e dinamiche delle quantità economiche aggregate (prodotto interno, tassi di interesse, disoccupazione, inflazione) e alla gestione di impresa (contabilità generale e direzionale, strutture organizzative, analisi degli investimenti).

Gli studenti saranno in grado di utilizzare le conoscenze acquisite per analizzare le opportunità, criticità e caratteristiche principali di un sistema economico. Inoltre, sapranno distinguere le principali forme giuridiche e organizzative, così come saranno in grado di utilizzare metodi operativi per l'analisi e la valutazione delle decisioni d'impresa come contabilità generale, contabilità direzionale e analisi degli investimenti.

Le competenze che si acquisiranno nel campo dell'analisi economica e gestione d'impresa rendono lo studente in grado di raccogliere ed elaborare in maniera appropriata e autonoma i dati e le informazioni rilevanti per interpretare fenomeni economici, tanto propri di un'impresa quanto del sistema economico nel suo insieme.

Lo studente sarà in grado di comunicare con chiarezza, sia in forma scritta che verbale, informazioni, idee, e soluzioni a problematiche di natura micro- e macro-economica.

Lo studente avrà acquisito le conoscenze di base e le capacità di apprendimento necessarie per proseguire la sua formazione con un sufficiente grado di autonomia.

### Prerequisiti

Nessun prerequisito disciplinare.

È comunque requisito preferenziale la conoscenza di elementi di analisi matematica.

### Contenuti

Modulo 1 (30 ore). Il primo modulo, dapprima, analizza i concetti di base della micro-economia quali equilibrio tra domanda e offerta, teoria del consumatore, teoria della produzione e principali forme di mercato. A seguire, si introdurranno gli elementi base della macro-economia col fine di rendere lo studente in grado di valutare le opportunità, criticità, caratteristiche principali e dinamiche delle quantità economiche aggregate (prodotto interno, tassi di interesse, disoccupazione, inflazione) di un sistema economico.

Modulo 2 (10 ore). Il secondo modulo fornisce una panoramica del sistema impresa. Si tratteranno le definizioni civilistiche di base (e.g., definizione di impresa, azienda e imprenditore) e la distinzione tra diverse forme giuridiche (i.e., società individuali, società di persona, società di capitali e società mutualistiche). Si

discuteranno poi i principi di formulazione dei modelli di business e gli approcci strategici delle imprese per la definizione della struttura organizzativa più idonea al perseguimento degli obiettivi aziendali. Saranno quindi illustrate le principali forme organizzative per supportare i modelli di business e le strategie di impresa.

Modulo 3 (20 ore). Il terzo modulo offre alcuni strumenti per valutare e implementare le decisioni di impresa. Da un lato, verranno analizzati i sistemi di contabilità generale e direzionale. Quindi, si forniranno gli strumenti per la lettura e redazione del bilancio aziendale (stato patrimoniale, conto economico e indici di bilancio), così come per l'analisi delle configurazioni di costo e per l'utilizzo di metodi come direct costing e full costing. Dall'altro lato, si introdurrà l'analisi degli investimenti, fornendo i concetti principali di matematica finanziaria e strumenti di valutazione degli investimenti (e.g., NPV, Pay back period e TIR).

## Metodi Didattici

Il corso si basa su lezioni frontali (45 ore), presentazioni di casi studio (5 ore) ed esercitazioni (10 ore).

## Verifica dell'apprendimento

La prova di accertamento è scritta e conterrà una serie di domande volte ad accertare la conoscenza teorica sulle teorie micro- e macro-economiche presentate a lezione e sulla gestione di impresa. Inoltre, verranno proposti 2-3 esercizi teorico-numeric mirati alla soluzione di problemi pratici sul tipo di quelli affrontati durante le esercitazioni svolte.

In particolare, i punteggi saranno distribuiti nel seguente modo: parte teorica ca. 15 pti. totali; parte esercitativa ca. 15 pti. totali. La parte teorica consiste in 10-15 quesiti tra domande a risposta chiusa, a risposta aperta (max. 3 righe) o combinazione delle due soluzioni. Il punteggio a ciascuna domanda teorica varia tra 1 e 3 punti in base alla difficoltà.

L'esame è superato se, contemporaneamente:

- voto è maggiore o uguale a 18/30
- Si è ottenuto un punteggio maggiore o uguale a 7/15 nella parte (teorica o esercitativa) con valutazione peggiore.

Esempi:

- Se il punteggio della parte teorica è 7/15 e il punteggio della parte esercitativa è 8/15 l'esame non è superato per il non raggiungimento del punteggio di 18/30.
- Se il punteggio della parte teorica è 5/15 e il punteggio della parte esercitativa è 15/15 l'esame non è superato per il non raggiungimento del punteggio minimo di 7/15 nella parte teorica, anche se il voto complessivo è maggiore di 18/30. La stessa regola si applica a punteggi invertiti.
- Se il punteggio della parte teorica è 7/15 e il punteggio della parte esercitativa è 14/15 l'esame è superato in quanto il punteggio totale è maggiore di 18/30 e si è raggiunto il punteggio minimo nella parte (teorica o esercitativa) con valutazione peggiore.

In questo modo, lo studente potrà dimostrare di essere preparato sia sulla parte teorica sia sulla parte esercitativa del corso.

## Testi

- Micro- e macro- economia: Samuelson, Nordhaus, Bollino (2014) Economia - XX edizione, McGraw-Hill.
- Organizzazione e gestione d'impresa: Materiale messo a disposizione dal docente sulla piattaforma...

# ELABORAZIONE DEI SEGNALI

<b>Docente</b>	Luca Vollero (Tit.)
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### a) Obiettivi Formativi

Il corso ha come scopo quello di fornire gli strumenti fondamentali per la comprensione della struttura dei segnali analogici nel dominio del tempo e della frequenza, e per la progettazione di sistemi di elaborazione ad essi destinati.

### b) Risultati di apprendimento attesi:

*Conoscenza e capacità di comprensione:*

- Conoscenza del modello di segnale analogico, delle sue forme di rappresentazione, dei sistemi e delle proprietà dei sistemi di elaborazione dei segnali analogici, delle basi del processo di digitalizzazione dei segnali.
- Capacità di comprendere problemi che coinvolgono i segnali analogici e i sistemi di elaborazione.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate:*

- Conoscenza pratica delle tecniche di caratterizzazione e di elaborazione dei segnali analogici.
- Capacità di risolvere problemi di elaborazione dei segnali.

*Autonomia di giudizio:*

- Capacità di applicare in modo autonomo e critico le tecniche di elaborazione apprese per la soluzione di problemi di elaborazione dei segnali.

*Abilità comunicative:*

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro sistemi e processi di elaborazione dei segnali.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni di elaborazione dei segnali.

*Capacità di apprendere:*

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

## Prerequisiti

Superamento dell'esame di Metodi Matematici.

## Contenuti

- Introduzione ai principali segnali biomedici, presentazione e caratterizzazione di segnali notevoli e della delta di Dirac.
- Caratterizzazione dei segnali biomedici nel dominio del tempo.
- Studio dei segnali nel dominio della frequenza: serie e trasformata di Fourier.
- Funzione di Autocorrelazione e Cross-correlazione.
- Studio di sistemi di elaborazione dei segnali con particolare attenzione ai sistemi lineari e lineari tempo invarianti (LTI).

- Elaborazione dei segnali mediante sistemi LTI.
- Teorema del campionamento, rappresentazione dei segnali in elaboratori digitali, quantizzazione dei dati.
- Introduzione ai segnali a tempo discreto.
- Miglioramento SNR: media sincrona.
- Analisi spettrale: spettro di energia, spettro di potenza.
- Introduzione alle Immagini biomediche.

## **Metodi Didattici**

Il corso si compone di lezioni frontali (70%), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, ed esercitazioni (30%) in cui vengono risolti insieme allo studente problemi pratici legati all'analisi di sistemi di elaborazione dei segnali.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo di una prova scritta e di una prova orale.

La prova scritta mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate alla formulazione di soluzioni e alla soluzione di problemi di elaborazione dei segnali.
2. autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di elaborazione.

La prova orale mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di elaborazione dei segnali.
3. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di elaborazione dei segnali.

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto mediante una media (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti delle due prove espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato supera i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30.

## **Testi**

Italiano

- M. Luise, G.M. Vitetta, Teoria dei Segnali, 3/ed., McGraw-Hill

Inglese

- A. V. Oppenheim, R.W. Schaffer, J.R. Buck, Discrete-Time Signal Processing, 2/ed., Prentice Hall
- A. V. Oppenheim, Alan S. Willsky, Syed Hamid Nawab, Signals & Systems, 2/ed., Prentice Hall

# ELEMENTI DI FISIOLOGIA E ANATOMIA I

**Docenti** Giovanni Di Pino (Tit.); Sergio Morini

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

a) Obiettivi formativi

Il corso fornisce agli studenti della laurea triennale in Ingegneria una introduzione alla struttura e ai meccanismi fondamentali dell'organismo umano.

Lo studente dovrà acquisire una conoscenza e comprensione dell'organizzazione generale del corpo umano, con approfondimenti sulla morfologia e funzione di organi e apparati selezionati, secondo i livelli macroscopico e microscopico.

Il principale obiettivo formativo è lo sviluppo nello studente della capacità di cogliere gli aspetti essenziali che legano la morfologia alla funzione degli organi e degli apparati.

Alla fine del corso lo studente dovrà saper descrivere l'organizzazione generale e le funzioni del corpo umano e degli apparati e organi considerati, correlando organizzazione e funzioni.

Il corso è propedeutico al corso di Elementi di Fisiologia e Anatomia II.

b) Risultati di apprendimento previsti

Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di:

- conoscere i meccanismi fisiologici fondamentali delle funzioni corporee, ad un livello di approfondimento sufficiente per l'esercizio consapevole e ragionato della professione di ingegnere biomedico.
- conoscere i principali parametri fisiologici e i molteplici fattori che li regolano, in quanto espressione della funzione della cellula e dei principali organi. Cio' verrà valutato tramite domande orali.
- saper descrivere l'organizzazione generale del corpo umano e degli apparati e organi considerati a livello macroscopico e microscopico, correlando l'organizzazione strutturale alle funzioni corrispondenti di sistemi, apparati, organi e tessuti.

## Prerequisiti

Conoscenze di base di Chimica, Fisica e Biologia, di citologia, dalla morfologia ai meccanismi di base coinvolti nei processi cellulari.

## Contenuti

Titoli dei moduli di insegnamento

- |                          |            |       |
|--------------------------|------------|-------|
| • Elementi Di Fisiologia | SSD BIO/09 | CFU 4 |
| • Elementi Di Anatomia   | SSD BIO/16 | CFU 2 |

Fisiologia Cellulare 1cfu

Processi di trasporto di membrana. Potenziale di membrana. Conduzione nervosa. Trasmissione sinaptica. Muscolatura striata e muscolatura liscia

### Fisiologia D'organo 3cfu

Fisiologia Cardiaca e del sistema circolatorio, Sistema Respiratorio e trasporto gas, Fisiologia Renale e controllo dell'Equilibrio Acido-Base, Sistema Digerente e Fegato, Sistema Endocrino, Pancreas endocrino.

### Anatomia 2cfu

Nozioni introduttive di citologia, istologia e di anatomia microscopica e tecniche di indagine morfologica.

Cenni di organizzazione del corpo umano: il livello cellulare e tissutale di organizzazione.

Principi di anatomia generale. Apparato circolatorio: cuore, arterie, vene, vasi linfatici. Apparato respiratorio: vie aeree, polmoni. Apparato uropoietico: reni e vie urinarie.

## Metodi Didattici

Il corso viene erogato attraverso lezioni teoriche (32 ore) e seminari di approfondimento (8 ore). Qualora sia possibile per il numero di partecipanti si potranno organizzare lezioni teorico-pratiche (8 ore) di anatomia applicata e funzionale durante le quali gli studenti, presso il laboratorio di neurofisiologia e neuroingegneria, potranno sperimentare tecniche neurofisiologiche.

Nel caso in cui le lezioni teorico-pratiche non potranno essere organizzate, le ore ad esse dedicate verranno suddivise tra lezioni teoriche e seminari di approfondimento aggiuntivi.

## Verifica dell'apprendimento

Prova orale. Le nozioni acquisite verranno valutate attraverso domande conoscitive di fisiologia delle membrane e dei principali organi e di anatomia. La capacità di rielaborare queste conoscenze in maniera ragionata verrà valutata con problemi aperti di fisiologia applicata alla professione, dando particolare rilievo a le abilità comunicative del candidato e la sua capacità di rielaborare in maniera critica i concetti appresi.

La valutazione finale scaturisce da una media delle valutazioni delle singole voci, pesata sul tempo del corso dedicato allo sviluppo delle conoscenze succitate.

## Testi

- Klinke R. et al., Fisiologia umana. EdiSes, 2012
- P. Carinci, E. Gaudio, G. Marinozzi, S. Morini, P. Onori. Anatomia Umana e Istologia. Elsevier, 2012.

# ELETTROMAGNETISMO

**Docente** Christian Cherubini (Tit.)

**Periodo** Primo Ciclo Bimestrale

## Obiettivi

Obiettivo del corso è permettere allo studente di conoscere, comprendere e padroneggiare gli aspetti metodologico-operativi della fisica ed essere capace di utilizzare tali competenze applicativamente per interpretare e descrivere i fenomeni naturali. A tal fine risulta centrale fornire allo studente le conoscenze

teoriche e sviluppare una capacità di comprensione necessarie per una trasposizione di processi fisici in modelli matematici, sviluppando abilità comunicative appropriate e affinando le proprie capacità di apprendimento. In concreto lo studente deve assimilare il processo induttivo che porta dalla complessa fenomenologia di base dell' Elettromagnetismo alla formulazione delle leggi generali in forma integrale e differenziale (equazioni di Maxwell). Deve altresì acquisire, con processo deduttivo, l'abilità di giudicare autonomamente un problema e utilizzare il potere di predizione delle leggi generali per risolvere problemi particolari, esercizi che comportino l'applicazione della teoria e casi pratici utili per corsi successivi portatori di contenuti di estrema importanza per la futura pratica professionale quali l'Elettrotecnica e l'Elettronica.

## Prerequisiti

Propedeuticità: "Meccanica e Termodinamica", "Analisi Matematica e Algebra Lineare".

## Contenuti

- Elettrostatica nel vuoto. Campo elettrico e potenziale. (10 ore)
  - Elettrostatica nei conduttori e negli isolanti. Energia elettrostatica. (6 ore)
  - Corrente elettrica stazionaria e quasi-stazionaria, Leggi circuitali. Effetto Joule. Generatori elettrici. (6 ore)
  - Magnetostatica nel vuoto e nella materia. Campo magnetico. (9 ore)
  - Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Induzione elettromagnetica. Auto e mutua induzione. (8 ore)
  - Correnti alternate (3 ore)
  - Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche ed energia trasportata (10 ore)
  - Riflessione e rifrazione. Interferenza e diffrazione (3 ore)
  - Ottica geometrica: diottri, lenti, specchi, sistemi ottici. (5 ore)
- Per ogni argomento è previsto lo svolgimento di esercizi per problemi selezionati. (30 ore)

## Metodi Didattici

I metodi didattici del corso prevedono delle lezioni frontali sia di teoria (60 ore) che di svolgimento di esercizi (30 ore). Inoltre allo studente verranno illustrate durante le lezioni di teoria esperienze elementari di elettromagnetismo ed ottica che lo aiuteranno nella comprensione della parte teorica del corso.

## Verifica dell'apprendimento

Le verifiche di apprendimento sono eseguite inizialmente attraverso una prova scritta di due ore su carta in cui lo studente deve saper risolvere due esercizi secondo quanto indicato negli obiettivi del corso. Ad ogni esercizio svolto è attribuito un punteggio da 0 a 15 ed i due punteggi vengono poi sommati per dare un punteggio in trentesimi. Solo una prova scritta sufficiente (punteggio uguale o maggiore di 18/30) permette l'accesso alla prova teorica. Questa ha lo scopo di accertare le conoscenze teoriche dello studente seguendo quanto indicato negli obiettivi del corso e consiste in due domande mirate sul programma dettagliato del corso messo a disposizione online dal docente sulla piattaforma informatica di Ateneo <https://elearning.unicampus.it>. Lo studente in un'ora di tempo risponde alle domande su carta e le consegna. I membri della Commissione d'esame visionano tale materiale e commentandolo assieme allo studente, comunicano un punteggio in trentesimi. A tal riguardo, ad ogni domanda teorica risposta è attribuito un punteggio da 0 a 15. La prova teorica si considera superata solo se lo studente ottiene un punteggio totale sufficiente (18/30) o superiore (fino a 30/30) ottenuto dalla somma dei singoli punteggi relativi alle due domande teoriche. L'esame si considera superato se lo studente ottiene un voto complessivo finale di 18/30 (sufficienza) o superiore (fino a 30/30) ottenuto dalla media aritmetica dei punteggi della prova scritta e di quella teorica. La lode è conferita se lo studente ottiene il punteggio di 30/30 sia nella prova scritta che in quella teorica ed entrambe sono state svolte in maniera esemplare. Tale voto complessivo così conseguito, se accettato dallo studente, viene registrato sul libretto e su un verbale elettronico. Qualora il voto dell'esame complessivo risultasse insufficiente

o se già la prova scritta iniziale avesse ottenuto un punteggio inferiore alla sufficienza, lo studente si dovrà ripresentare ad uno degli appelli successivi sia per sostenere la prova scritta che quella teorica.

## Testi

- C. Mencuccini, V. Silvestrini, Fisica - Elettromagnetismo e ottica, Casa Editrice Ambrosiana, 2017

Laddove necessario, il docente fornisce agli studenti del materiale supplementare attraverso la piattaforma informatica di Ateneo <https://elearning.unicampus.it/>. Su eventuale richiesta degli studenti interessati il docente può consigliare altri testi di seconda consultazione in lingua italiana e/o in lingua inglese.

# ELETRONICA APPLICATA

<b>Docente</b>	Giorgio Pennazza (Tit.)
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Lo studente dovrà acquisire la capacità di selezionare, comprendere e utilizzare l'insieme più opportuno di strumentazioni, dispositivi e tecniche di gestione (microcontrollori, regolatori, protocolli di comunicazione) per le applicazioni pratiche relative alla sua attività professionale. Questo corso intende allo stesso tempo fornire allo studente le abilità e gli strumenti necessari per utilizzare in maniera flessibile diverse tipologie di prodotti, con la consapevolezza delle basi teoriche determinanti il loro funzionamento.

### *Conoscenze e capacità di comprensione*

Fornire allo studente conoscenze più approfondite sul funzionamento dei componenti e dei dispositivi elettronici, e la capacità di comprendere le metodologie per l'integrazione di circuiti analogici e circuiti digitali nella realizzazione e gestione di sistemi più complessi.

### *Conoscenze e capacità di comprensione applicate*

Le conoscenze sopra riportate dovranno fornire allo studente l'abilità di confrontarsi in maniera consapevole e propositiva con le più moderne tecnologie elettroniche utilizzate nel proprio campo professionale, in modo da poter gestire al meglio le crescenti esigenze wireless e low-power.

### *Autonomia di giudizio*

Le conoscenze e capacità di comprensione acquisite, dovranno consentire allo studente di valutare e selezionare i componenti e le soluzioni circuitali più appropriate per la propria attività professionale.

### *Abilità comunicative*

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera sintetica e per grandi linee, il funzionamento di un componente o di un circuito elettronico e giustificare le scelte operate.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà nella condizione di ampliare le proprie conoscenze grazie alla capacità di lettura e interpretazione della documentazione tecnica.

## Prerequisiti

Nessuno.

## Contenuti

Configurazioni circuitali a partitore resistivo e a ponte di Wheatstone; partitore compensato; filtri attivi e passivi; utilizzo del simulatore per circuiti elettronici Multisim; polarizzazione e utilizzo di diodi LED e diodi Zener; circuiti equivalenti del transistor, polarizzazione e suo utilizzo come amplificatore e interruttore; configurazioni con amplificatori operazionali; generatori di tensione e di corrente; generatori di segnali: multivibratore monostabile, bistabile, astabile, NE555; richiami di elettronica digitale; memorie e microcontrollore; piattaforme integrate per l'acquisizione di segnali e la gestione di sensori: Arduino, Raspberry; introduzione all'IoT.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali sugli argomenti base dell'elettronica, sul funzionamento dei dispositivi fondamentali e sulle topologie circuitali più comuni.

Esercitazioni con sw di simulazione e in sessioni di laboratorio, che mostrino l'applicazione in specifici casi reali.

Discussione di casi reali tramite la presentazione di componenti commerciali da cataloghi online e studio dei singoli datasheet.

Seminari sulle tecnologie attuali per la realizzazione dei componenti e dei dispositivi elettronici.

Lavori di gruppo in laboratorio per la realizzazione e il test di semplici circuiti elettronici di base.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova orale nella quale lo studente sarà richiesto di applicare le proprie conoscenze alla risoluzione di un problema reale (voto da 0 a 20).

Gli studenti presenteranno i risultati delle attività di laboratorio eseguite in gruppo. (voto da 0 a 10).

## Testi

Materiale a cura del docente,

Testi consigliati:

- Circuiti per la microelettronica, Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, Editore: Edises, Edizione: 4, Anno edizione: 2013
- Elettronica digitale 3°Ed. - Paolo Spirito, Mc Graw Hill

# ELETTROTECNICA

**Docente** Mauro Parise (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso si propone di fornire una approfondita introduzione sulle modalità di funzionamento dei sistemi elettrici e sulle metodologie di studio delle reti elettriche lineari.

*Conoscenze e capacità di comprensione*

Lo studente acquisirà la conoscenza e la capacità di comprensione delle nozioni fondamentali riguardanti

lo studio dei circuiti elettrici e magnetici lineari in regime stazionario e sinusoidale, delle nozioni basilari per l'analisi dei sistemi trifase, dei principi di funzionamento del trasformatore e delle macchine elettriche rotanti, dei fondamenti della sicurezza e degli impianti elettrici.

#### *Conoscenza e capacità di comprensione applicate*

Lo studente sarà in grado di applicare le sue conoscenze e capacità di comprensione all'analisi di una rete elettrica lineare in regime stazionario e sinusoidale. Sarà inoltre in grado di interpretare lo schema unifilare di una rete trifase simmetrica ed equilibrata, di studiare circuiti magnetici e sistemi trifase simmetrici ed equilibrati e squilibrati, di determinare il circuito equivalente di un trasformatore monofase o di una macchina rotante ad induzione a partire dai dati di targa.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente acquisirà la capacità di valutare l'applicabilità delle metodologie per lo studio delle reti elettriche all'analisi di sistemi elettrici di complessità non elementare. Sarà inoltre in grado di determinare e risolvere il circuito elettrico equivalente di un dispositivo di media complessità, e svilupperà la capacità di interpretare i risultati dell'analisi circuitale. Acquisirà infine la capacità di risalire alla rete trifase rappresentata da uno schema unifilare, e di saper valutare lo stato di funzionamento di un sistema elettrico di potenza.

#### *Abilità comunicative*

Lo studente avrà acquisito, attraverso il percorso formativo, la capacità di comunicare le nozioni fondamentali e i metodi appresi, utilizzando la terminologia appropriata. Sarà inoltre in grado di discutere l'impostazione e la risoluzione di problemi di interesse in ambito elettrotecnico con interlocutori specialisti e non specialisti.

#### *Capacità di apprendere*

Il percorso formativo consentirà allo studente di sviluppare le capacità di apprendimento necessarie per intraprendere percorsi di approfondimento nell'area elettrica, e per affrontare i successivi insegnamenti incentrati sulla trattazione di specifici sistemi elettrici con un alto grado di autonomia.

## **Prerequisiti**

Sono richieste conoscenze di base di elettromagnetismo.

## **Contenuti**

### Elementi di Elettrotecnica generale (40 ore)

Circuiti e reti in regime stazionario. Elementi circuitali lineari tempo-invarianti. Generatori controllati di tensione e di corrente. Leggi di Ohm, di Joule e di Kirchhoff. Resistori in serie e partitore di tensione. Resistori in parallelo e partitore di corrente. Trasformazione stella-triangolo. Metodi di analisi. Analisi nodale e alle maglie. Teoremi delle reti. Linearità. Sovrapposizione. Teorema di Thevenin e di Norton. Massimo trasferimento di energia. Circuiti e reti nel dominio del tempo. Condensatori. Capacità. Rigidità dielettrica. Circuiti magnetici. Legge di Hopkinson. Riluttanza. Reti magnetiche. Auto e mutua induttanza. Fattore di accoppiamento. Circuiti del primo e del secondo ordine. Risposta in evoluzione libera, al gradino e all'impulso. Convoluzione. Circuiti e reti in regime sinusoidale permanente. Rappresentazione fasoriale di grandezze sinusoidali isofrequenziali. Circuiti monofase. Potenza istantanea, attiva, reattiva, apparente e complessa. Analisi di reti in regime sinusoidale. Reti trifase. Sistemi trifase simmetrici ed equilibrati. Circuito monofase equivalente. Potenze nei sistemi trifase.

### Elementi di macchine elettriche (34 ore)

Trasformatori. Teoria del trasformatore monofase. Funzionamento a vuoto, sotto carico ed in corto circuito. Circuito elettrico equivalente del trasformatore monofase. Caduta di tensione da vuoto a carico. Bilancio energetico e rendimento. Trasformatori trifase.

Macchine asincrone. Generalità. Il campo magnetico rotante. Funzionamento a rotore bloccato e sotto carico. Circuito elettrico equivalente. Caratteristica meccanica. Problemi all'avviamento. Avviamento stella-triangolo. Motori asincroni con rotore a gabbia e a doppia gabbia.

Macchine a corrente continua. Generalità. Vari tipi di eccitazione: indipendente, derivata e in serie. Caratteristiche meccaniche dei motori, regolazione della velocità.

Elementi di impianti elettrici (16 ore).

Nozioni sugli impianti di produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica. Considerazioni generali sul trasporto dell'energia elettrica a distanza. Nozioni descrittive delle linee elettriche di media tensione aeree ed in cavo. Costanti elettriche. Calcolo della caduta di tensione. Rifasamento monofase e trifase. Protezione dai pericoli dell'elettricità. Sovratensioni e sovracorrenti. Dispositivi di manovra e protezione. Sezionatori, interruttori manuali ed automatici, fusibili, isolatori, scaricatori. Effetto della corrente elettrica sul corpo umano. Contatto diretto ed indiretto. Impianti di terra. Impianti utilizzatori in bassa tensione. Sicurezza e protezione nei sistemi TT, TN, IT. Normativa elettrica. Conversione statica dell'energia elettrica.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali sulle nozioni fondamentali descritte nel programma.

Esercitazioni interattive in aula, incentrate sulla risoluzione di reti elettriche e di problemi tipici dell'ingegneria elettrica, nonché sullo svolgimento di una attività di autovalutazione delle conoscenze, abilità e competenze acquisite.

## Verifica dell'apprendimento

Il possesso delle conoscenze e delle abilità attese è verificato attraverso una prova scritta suddivisa in due parti, a ciascuna delle quali è attribuito un punteggio massimo di 10 punti.

La prima parte della prova consiste in 4 domande a risposta multipla. Lo studente è chiamato a dimostrare di essere in grado di risolvere una rete elettrica in regime sinusoidale, calcolando le intensità di corrente, le tensioni, e le potenze associate ai vari lati del circuito, e di saper applicare il teorema di Thevenin.

La seconda parte della prova consiste in 10 domande a risposta chiusa, volte ad accertare l'avvenuta acquisizione delle restanti conoscenze, abilità e competenze descritte nella sezione Obiettivi. Il risultato atteso è la risposta corretta ad almeno 6 domande.

La prova scritta risulta superata se e solo se si consegue un punteggio maggiore o uguale a 6 decimi in entrambe le parti che la costituiscono. Il voto finale, espresso in trentesimi, risulta dalla somma pesata dei due voti parziali, con pesi pari rispettivamente a 1 e 2.

## Testi

- S. CRISTINA, Appunti di Elettrotecnica, Vol. I e II, Esculapio, Bologna

## **ETICA APPLICATA**

*(modulo del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria)*

**Docenti** Vittoradolfo Tambone (Tit.); Giampaolo Ghilardi

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivo del corso è fornire i concetti di base di Etica Applicata ed una metodologia per la valutazione etica di casi concreti.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

Il corso si propone di fornire le conoscenze su:

- Giustificazione epistemologica dell'Etica Applicata come scienza pratico-normativa
- La teoria etico-antropologica e la pratica professionale.
- Caratteristiche generali dell'Organismo Etico e comportamento prudenziale.
- Obiettivi etici della globalizzazione e recupero della libertà personale.
- Il ruolo della coscienza e il paradigma dei gufi.
- Metodologia per la valutazione etica di un caso concreto.

## Metodi Didattici

2 CFU di lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite sono verificate mediante una prova orale. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e sarà possibile conseguire la Lode. L'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- Tambone V., Ghilardi G., La Mucca Pazza e il dottor Watson, SEU Roma, 2015

# ETICA GENERALE

*(modulo del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria)*

**Docente** Vittoradolfo Tambone (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivi Formativi

1) *Conoscenza e capacità di comprensione:*

Nel Corso verranno affrontate le principali questioni di Etica generale, per consentire di individuare nella natura dell'uomo-persona e nella sua intrinseca eticità il filo che unisce i vari settori scientifico disciplinari del Corso di laurea in Ingegneria.

2) *Conoscenza e capacità di comprensione applicate:*

Gli obiettivi del punto 1 saranno trattati attraverso casi concreti con una metodologia seminariale che introduca gli studenti alla metodologia propria dell'Etica Applicata

3) *Autonomia di giudizio:*

Quanto al punto 2 sarà realizzato evitando di fornire soluzioni predefinite ma sarà chiesto agli studenti di arrivare a un proprio giudizio motivato e collegabile con una teoria etica specifica

4) *Abilità comunicative:*

Si cercherà di attuare la metodologia seminariale coinvolgendo, nella misura del possibile, tutti gli studenti in modo tale che abbiano durante tutto il corso almeno tre occasioni per comunicare agli altri il proprio pensiero

5) *Capacità di apprendere:*

Le lezioni frontali e gli incontri seminariali potranno essere accompagnati durante il corso da incontri personali con i docenti per verificare la capacità o le difficoltà di apprendimento del singolo studente prima dell'esame finale.

## **Prerequisiti**

Nessuno

## **Contenuti**

Etica

1. La verità
2. Il soggetto agente: la condotta morale
3. La coscienza e la pseudo-coscienza
4. Bene e male
5. I sentimenti e l'agire morale
6. La virtù: principio di operazioni che si "retro-alimenta" con l'agire stesso
7. La libertà
8. Felicità, piacere e senso della vita
9. L'amore

## **Metodi Didattici**

Il corso prevede lezioni frontali, integrate con discussioni su film o documentari scientifici, al fine di attualizzare le questioni antropologiche affrontate e di applicare in contesti diversi i criteri di scelta etica.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze relative all'etica sono verificate mediante prova orale.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30 in ogni parte.

Il voto finale conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## **Testi**

- V. TAMBONE, G. GHILARDI, La mucca pazza e il dottor Watson. Filosofia e deontologia dell'agire medico, SEU 2015.

## FENOMENI DI TRASPORTO

**Docente** Luisa Di Paola (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Il corso ha l'obiettivo di rendere lo studente capace di analizzare, modellare e risolvere problemi caratteristici della pratica industriale, in cui siano coinvolti fenomeni di trasporto di grandezze fisiche (materia e calore). Per quanto attiene i risultati di apprendimento attesi, lo studente deve mostrare autonomia di giudizio nella modellazione dei problemi d'interesse del corso, attraverso gli strumenti fisico-matematici offerti dal corso stesso; inoltre, lo studente deve essere capace di comunicare in maniera efficace la soluzione dei problemi pratici oggetti del corso.

### Prerequisiti

Lo studente deve aver già acquisito gli strumenti fisico-matematici di base: meccanica, termodinamica, calcolo differenziale ed integrale per funzioni di una e più variabili, equazioni differenziali ordinarie lineari. Sono propedeutici gli esami di Analisi Matematica e Meccanica e Termodinamica.

### Contenuti

- Trasporto molecolare di quantità di moto, calore e materia (0.5 CFU);
- Equazioni costitutive(0.5 CFU);
- Bilanci locali di energia termica e materia: determinazione dei profili di temperatura e concentrazione (problemi unidimensionali in stato stazionario; cenni sull'analisi di problemi in stato non stazionario) (2 CFU);;
- Elementi di fluidodinamica: regime di moto turbolento e laminare, numero di Reynolds (0.5 CFU);
- Coefficienti di scambio termico: definizione e valutazione in convezione naturale e in convezione forzata. Trasferimento di calore tra due fasi(1 CFU);
- Bilanci macroscopici di calore (0.5 CFU);
- Coefficienti di scambio di materia: definizione e valutazione in convezione forzata. Trasferimento di materia tra due fasi(0.5 CFU);
- Bilanci macroscopici di materia (0.5 CFU).

### Metodi Didattici

Lezioni frontali (4 CFU) ed esercitazioni numeriche (2 CFU) in classe su specifici problemi. Il materiale didattico (slides proiettate a lezioni, eserciziario) viene reso disponibile mediante la piattaforma moodle.

### Verifica dell'apprendimento

La verifica consiste di una prova scritta (durata di 2 ore) consistente nella risoluzione di 2 problemi riguardanti l'applicazione delle metodiche oggetto del corso, e di una verifica orale (due domande, circa un'ora totale di durata), basata sulla valutazione della capacità di problem-solving nelle aree d'interesse del corso.

L'esame orale mira alla valutazione della capacità di progettazione di reattori chimici, attraverso la risoluzione di casi pratici: ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

La votazione è assegnata in trentesimi, la soglia minima per il superamento della valutazione è di 18/30; la votazione massima è 30/30 e lode.

## Testi

- M.C. Annesini, Fenomeni di trasporto fondamentali e applicazioni;
- R.B. Bird, W. E. Stewart and E.N. Lightfoot, Transport Phenomena 2nd Ed., John Wiley & Sons.

# FILOSOFIA NELLE SCIENZE INGEGNERISTICHE

*(modulo del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria)*

**Docenti** Vittoradolfo Tambone (Tit.); Marta Bertolaso

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso utilizza casi di frontiera di interpenetrazione tra tecnologia e scienze della vita: bio-inspired robotics, in silico medicine, biotecnologie avanzate (es. tecnica CRISPR), protesica computerizzata, micro- e nano-ingegneria per la ricerca medica e biologica, simulazione, vita e intelligenza artificiale, bioinformatica. I casi vengono utilizzati per:

1. Allenare al riconoscimento e alla trattazione dei problemi filosofici, epistemologici e metodologici che emergono continuamente nel lavoro ingegneristico
2. Ragionare sulla specificità degli esseri viventi e dei sistemi biologici esplorando la possibile frontiera tra naturale e artificiale
3. Costruire una consapevolezza critica sulle dinamiche della conoscenza scientifica anche in rapporto alle sue radici e implicazioni sociali
4. Liberare capacità di conoscenza, comprensione e ricerca di soluzioni nell'attuale contesto di contaminazione tra i saperi e di attenuazione dei confini disciplinari

### *Conoscenza e capacità di apprendimento*

Il corso si propone di formare gli studenti nel 'critical thinking', introducendo gli studenti alla logica e alle tematiche fondamentali della filosofia della scienza e della tecnica attraverso la discussione delle nozioni di "meccanismo" e di "sistema". Si spiegherà ed esemplificherà il concetto di Filosofia dell'Agire Scientifico discutendo l'approccio metodologico al mondo naturale di inventori e scienziati. Gli esempi applicano la "filosofia delle macchine" ad alcuni esempi del lavoro di ricerca svolto dalla nostra Facoltà di Ingegneria.

Conoscenza delle ragioni che storicamente hanno portato al dibattito sulla differenza tra ciò che è naturale e ciò che è artificiale e, pertanto, ad essere capaci di comprendere l'impatto, sia tecnologico che sociale, delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studio e la comprensione del processo conoscitivo e di modellizzazione delle realtà naturali, nonché di alcune caratteristiche funzionali di modelli applicativi, punta a) a far crescere una capacità autonoma di giudizio degli studenti; b) allo sviluppo di un atteggiamento critico e costruttivo nei confronti dei problemi dell'ingegneria più in generale; c) a valorizzare la 'dimensione umana' che ogni scoperta e invenzione presuppone.

### *Capacità applicative e di giudizio*

Crescita nelle abilità necessarie per un lavoro interdisciplinare, cioè di un lavoro capace di creare nuovi frameworks teorici o paradigmi adeguati a rispondere alle necessità emergenti di natura sociale o ambientale e alle richieste del mercato. Questo significa sviluppare la capacità di ascolto, di interesse per le ragioni altrui, di valorizzare il contributo di altri in un lavoro di squadra, di elaborare nuove idee a partire dall'esperienza propria e altrui e, infine, di saper argomentare con chiarezza e serenità le proprie posizioni. In due parole,

formare persone creative e affidabili allo stesso tempo, che sappiano contribuire e promuovere un approccio integrato a problemi complessi e multi-disciplinari.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

Durante l'attività didattica, che prevede 1 ora di insegnamento a settimana (1CFU), verranno affrontati i seguenti contenuti:

- I processi dell'invenzione e della scoperta:
  - Naturale e artificiale: differenze; impatto tecnologico e sociale delle soluzioni ingegneristiche di frontiera
  - Nuovi paradigmi emergenti in sistemi complessi nella modellizzazione dell'umano
  - Approccio integrato a problemi complessi e multi-disciplinari
  - Il processo conoscitivo e di modellizzazione delle realtà naturali: nozioni di meccanismo e di sistema
- Abilità per il lavoro interdisciplinare: capacità di ascolto, di valorizzazione dei contributi altrui, di elaborazione di nuove idee, di argomentazione chiara e aperta:
  - Filosofia dell'Agire Scientifico: la 'dimensione umana' del lavoro di inventori e scienziati
  - Logica e tematiche fondamentali della filosofia della scienza e della tecnica
- Critical thinking: la coniugazione di creatività e affidabilità
  - Filosofia delle macchine applicata ad alcuni esempi di ricerca svolta nella nostra Facoltà di Ingegneria

## Metodi Didattici

Agli obiettivi esplicitati sopra contribuiscono le modalità del corso e dell'esame finale. Durante le lezioni frontali, l'utilizzo di casi e il chiarimento (storico e filosofico) dei concetti necessari per tale discussione, insieme alla discussione di un esempio di meccanismo o sistema a scelta dello studente per la prova finale, offrono anche occasioni importanti di dialogo accademico tra gli studenti e il docente

## Verifica dell'apprendimento

Modalità di verifica: esame orale.

Le conoscenze acquisite sono valutate sulla base della chiarezza concettuale nell'esposizione orale all'esame.

Le competenze saranno verificate in termini di adeguatezza del modello meccanicistico scelto per la discussione orale, le abilità sulla capacità di discutere ed applicare il modello proposto ad altri 'problemi' di carattere ingegneristico.

Il giudizio finale sarà in termini di idoneità/inidoneità.

## Testi

- Marta BERTOLASO (2013) Entry for the NCE on "Mechanism and Biological Mechanism", NCE, Supplement 2012-13: Ethics and Philosophy. Ed. Robert L. Fastiggi. 4 vols. Detroit: Gale
- Marta BERTOLASO, Le Human Enhancement Technologies e l'Irriducibilità della Complessità Biologica, in Migliorare l'uomo? La sfida etica dell'enhancement. S. Kampowski – D. Moltisanti (eds.) Cantagalli, Siena, 2011, pp. 101-113.
- Alfredo MARCOS, Filosofia dell'agire scientifico. Le nuove dimensioni, Academia Universa Press, Milano 2010.
- Marta BERTOLASO, Nicola DI STEFANO, Giampaolo GHILARDI, Alfredo MARCOS (2015) Bio-Techno-

Logos and Scientific Practice –, in “The Future of Scientific Practice: ‘Bio-Techno-Logos’”, Bertolaso M. (Ed.), Pickering & Chatto Publishers, pp.179-191 ISBN: 978-1848935624, doi: 10.4324/9781315653693

- Marta BERTOLASO (2015) Philosophy within Science in “The Future of Scientific Practice: ‘Bio-Techno-Logos’”, Bertolaso M. (Ed.), Pickering & Chatto Publishers, pp. 1-12 ISBN: 978-1848935624, doi: 10.4324/9781315653693
- Guru MADHAVAN, Come pensano gli ingegneri. Intelligenze applicate, Peri F. (trad.), Cortina Raffaello, Londra 2015

## FONDAMENTI DI AUTOMATICA

<b>Docente</b>	Roberto Setola (Tit.)
<b>Periodo</b>	Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Il corso ha due obiettivi primari. Il primo, prodromico per il secondo, mira a fornire agli studenti gli strumenti metodologici ed operativi necessari alla modellistica e all'analisi di sistemi dinamici, principalmente lineari, a tempo continuo sia nel dominio del tempo che in quello di Laplace. Il secondo mira a presentare i sistemi di controllo automatici come elementi finalizzati ad alterare il funzionamento nominale di un sistema mediante l'uso di tecniche a retroazione al fine di rendere il comportamento del sistema complessivo confacente a determinate specifiche. L'ultima parte del corso riguarda l'illustrazione di alcune tecniche classiche di progettazione di controllori per sistemi lineari SISO.

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso mira a fornire agli studenti gli strumenti necessari a consentire la rappresentazione di un sistema dinamico mediante un modello matematico attraverso il quale poter desumere e quindi analizzare il comportamento del sistema ad ingressi canonici. Scopo ulteriore del corso è anche quello di illustrare agli studenti come un'adeguata modulazione degli ingressi ad un sistema possa contribuire a generare un'uscita desiderata.

#### *Capacità applicative*

Lo studente acquisirà gli strumenti metodologici necessari per l'analisi dei modelli matematici che descrivono i sistemi dinamici (trasformata di Laplace, Bode, ecc.) e le modalità di estrazione, calcolo e caratterizzazione dei parametri e delle proprietà caratteristiche dei singoli sistemi. Lo studente acquisirà, inoltre, le competenze per la progettazione di semplici sistemi in contro-reazione in grado di stabilizzare sistemi SISO garantendone, nel contempo, adeguate caratteristiche dinamiche e di precisione.

#### *Autonomia di giudizio*

Durante il corso verranno presentati allo studente una serie di approcci e/o strumenti per la risoluzione dei diversi problemi. Gli studenti saranno stimolati, anche sulla base della natura progettuale della seconda parte del corso, a determinare l'insieme di strumenti e metodi più appropriati allo specifico problema analizzato.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente acquisirà le nozioni basilari del linguaggio tecnico relativo ai sistemi di controllo e alla illustrazione e codifica dei requisiti utente anche grazie alle modalità interattive delle lezioni

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio finalizzata a rendere produttiva la frequenza dello stesso a lezioni ed esercitazioni. Questo verrà ottenuto dai docenti attraverso la

partecipazione e il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni, dovendo questi cimentarsi durante il corso nella risoluzione di problemi con difficoltà crescente.

## **Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità

Conoscenze di base di matematica e fisica.

## **Contenuti**

Elementi di modellistica dei sistemi dinamici. I sistemi lineari e tempo invarianti (LTI): rappresentazione in termini di spazio di stato e funzione di trasferimento, significato degli autovalori e modi propri di un sistema. La trasformata di Laplace. Analisi dei sistemi lineari nel dominio del tempo e nel dominio di Laplace (30% del corso)

Il concetto di stabilità ed i metodi di Lyapunov. Tecniche di linearizzazione per i sistemi non lineari e analisi di stabilità dei punti di equilibrio. (10% del corso)

Cenni sulla trasformata di Fourier. Caratterizzazione spettrale di un sistema dinamico: i diagrammi di Bode e la risposta in frequenza. (20% del corso)

Il problema del controllo: controllori a ciclo aperto e a ciclo chiuso. Definizione delle specifiche per un sistema a retroazione: errore a regime e caratteristiche della risposta in transitorio. Tecniche di progetto di controllori per sistemi lineari tempo invarianti SISO. Regole di tracciamento e taratura del luogo delle radici ed uso in fase di progettazione. Regole di tracciamento diagramma di Nyquist e criterio; definizione dei margini di fase ed ampiezza. Tecniche di sintesi per tentativi nel dominio della frequenza mediante l'uso di reti correttive. I regolatori standard (PID), taratura ed utilizzo. (40% del corso)

## **Metodi didattici**

Il corso è organizzato in lezioni frontali e sessioni di tutorato. Le lezioni frontali, che rappresentano circa il 60% delle ore, sono finalizzate a presentare gli argomenti del corso. Durante le sessioni di esercitazione vengono svolti, in modalità interattiva con gli studenti, esercizi che mostrano l'applicazione dei diversi strumenti e metodi a problemi specifici, sia mediante l'uso della lavagna che ricorrendo a software quali MATLAB e Simulink.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

La verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite si svolge di norma mediante una prova pratica ed una prova orale.

La prova pratica si compone di norma di quattro quesiti e mira a verificare la capacità del discente di utilizzare gli strumenti metodologici presentati durante il corso. Nello specifico essa mira a valutare le capacità applicative acquisite mediante lo svolgimento di esercizi mirati allo studio delle caratteristiche di un sistema e della sua risposta nel tempo e in frequenza e nella soluzione di un semplice problema di sintesi di un controllore note le specifiche ed il sistema. La votazione della prova pratica è in 30-esimi e si considera superata se il candidato consegue un punteggio non inferiore a 17/30.

La prova orale consiste, di norma, in due colloqui svolti con due membri della commissione e mira all'accertamento della comprensione degli aspetti teorici illustrati durante il corso e alla loro applicazione a casi particolari. La prova orale consente di migliorare la valutazione riportata alla prova pratica per un massimo di 4 punti.

La lode è a discrezione della commissione

In presenza di sessioni di esami con un numero esiguo di candidati la prova pratica è sostenuta direttamente davanti alla commissione.

## Testi

- A. Cavallo, R. Setola, F. Vasca, "La nuova guida a MATLAB", Liguori editore
- Luemberger, "Introduction to Dynamic System", Prentice Hall
- R. Vitelli, M. Petternella, "Fondamenti di automatica", Siderea 2002
- S. Bittanti, Introduzione all'Automatica, Zanichelli, 2014

# FONDAMENTI DI CHIMICA PER L'INDUSTRIA

**Docente** Marcella Trombetta (Tit.) Emanuele Mauri

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire una panoramica sull'applicazione dei concetti chimico-fisici nel settore dell'industria. Lo Studente svilupperà competenze sulle principali materie prime utilizzate nella produzione chimica industriale, sull'uso di catalizzatori e sui fenomeni chimici e fisici alla base della scienza delle formulazioni (interfaccia superficiale, chimica colloidale, tecniche di emulsione e stabilizzazione).

### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo Studente sarà in grado di riconoscere e analizzare gli aspetti critici legati a:

Uso di materie prime e catalizzatori nell'ambito dell'industria chimica

Sviluppo e ottimizzazione di una formulazione chimica (emulsioni, detergenti, dispersioni, sospensioni, prodotti cosmetici e farmaceutici)

### *Autonomia di giudizio*

Lo Studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti mediante quesiti e discussione in aula sugli argomenti che risultassero poco chiari.

### *Abilità comunicative*

Lo Studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo Studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni e laboratori, attraverso una partecipazione attiva alle stesse

## Prerequisiti

Conoscenze di matematica, chimica organica e inorganica, fisica e termodinamica

## Contenuti del corso

Struttura dell'industria chimica: chimica di base, chimica intermedia, chimica derivata, chimica fine di sintesi, chimica fine di formulazione.

Le materie prime e l'industria chimica ad essa legata: carbone, gas naturale, petrolio, biomasse.

Concetti di cinetica e catalisi

Definizione di colloidali e concetto di tensione superficiale e interfacciale

Emulsioni: proprietà e metodi di produzione

Concetti di stabilizzazione, dispersione e sospensione nelle formulazioni

Particelle solide

Detergenti e schiume

Formulati in cosmesi

Formulati in ambito farmaceutico

Laboratorio: applicazione sperimentale dei concetti di catalisi e formulazione

### **Metodi didattici**

Lezioni frontali (54 h) che affrontano le tematiche del corso e svolgimento di prove sperimentali in laboratorio (6 h). Il materiale relativo al corso (slide) sarà caricato sulla piattaforma di e-learning

### **Verifica dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento consiste in una prova orale finalizzata a promuovere la capacità dello Studente di sostenere una discussione autonoma riguardo alle conoscenze e competenze acquisite.

La prova orale è strutturata nelle seguenti due fasi consecutive:

Fase 1: esposizione, della durata massima di 15 minuti, con presentazione in PowerPoint, di un project work realizzato da ogni singolo Studente su un prodotto scelto dallo Studente stesso della scienza delle formulazioni. Nel project work lo Studente deve, almeno, dimostrare di sapere:

– origine e sviluppo del prodotto scelto

– formulazioni disponibili sul mercato (solide, liquide, gas)

descrizione dei componenti principali e della relativa importanza nell'ideare la formulazione

Il punteggio massimo conseguibile in Fase 1 è pari a 15 punti su 30.

Fase 2: due domande sugli argomenti del corso. Il punteggio massimo conseguibile in Fase 2 è pari a 15 punti su 30.

Il punteggio massimo totale conseguibile è pari a 30 punti su 30 e Lode. La Lode sarà attribuita allo Studente che dimostrerà una conoscenza superiore al minimo richiesto.

L'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto totale maggiore o uguale a 18 punti su 30.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello Studente e su un verbale elettronico.

### **Testi consigliati**

- H. Mollet, A. Grubenmann, "Formulation Technology" - Wiley-VCH, Weinheim (2001)
  - G. Natta, I. Pasquon, P. Centola. Principi della Chimica Industriale, CLUP, Milano (1989)
  - J.A. Moulijn, M. Makkee, A. van Diepen, "Chemical Process Technology", Wiley & Sons (2001)
- Slide del docente.

# FONDAMENTI DI ELETTRONICA

**Docente** Giorgio Pennazza (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenze e capacità di comprensione*

Fornire allo studente le conoscenze di base sul funzionamento dei componenti e dei dispositivi elettronici, e la capacità di comprendere le metodologie per l'analisi circuitale, sia di circuiti analogici che di circuiti digitali, in particolare quelli utilizzati negli integrati di uso più comune.

### *Conoscenze e capacità di comprensione applicate*

Le conoscenze sopra riportate dovranno fornire allo studente l'abilità di confrontarsi in maniera consapevole e propositiva con le più moderne tecnologie elettroniche utilizzate nel proprio campo professionale.

### *Autonomia di giudizio*

Le conoscenze e capacità di comprensione acquisite, dovranno consentire allo studente di valutare e selezionare i componenti e le soluzioni circuitali più appropriate per la propria attività professionale.

### *Abilità comunicative*

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera sintetica e per grandi linee, il funzionamento di un componente o di un circuito elettronico e giustificare le scelte operate.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà nella condizione di ampliare le proprie conoscenze grazie alla capacità di lettura e interpretazione della documentazione tecnica.

## Prerequisiti

Nessuna

## Contenuti

### INTRODUZIONE (10 ore)

Bipoli, circuiti RCL, Trasformate, Teoremi delle reti. Reti due porte, Circuiti STC, filtri LP e HP.

### SEMICONDUTTORI, DIODO E TRANSISTOR (18 ore)

Semiconduttori. Diodo. Circuiti con diodi. BJT e MOSFET: fisica, caratteristiche I-V, funzionamento come amplificatore,

polarizzazione, modelli per piccoli segnali, amplificatori singolo stadio, analisi in frequenza.

### CIRCUITI INTEGRATI ANALOGICI (22 ore)

Amplificatore differenziale. Amplificatore Operazionale. Generatori di corrente e tensione. Retroazione. Oscillatori.

### INTRODUZIONE ALL'ELETTRONICA DIGITALE (10 ore)

L'invertitore; Famiglie logiche; Parametri caratteristici dei componenti digitali. Conversione A/D e D/A. Circuiti combinatori. Circuiti sequenziali. Memorie. Microcontrollori.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali sugli argomenti base dell'elettronica, sul funzionamento dei dispositivi fondamentali e sulle topologie circuitali più comuni (36 ore).

Esercitazioni con sw di simulazione e in sessioni di laboratorio, che mostrino l'applicazione in specifici casi reali (6 ore).

Discussione di casi reali tramite la presentazione di componenti commerciali da cataloghi online e studio dei singoli datasheet (6 ore).

Seminari sulle tecnologie attuali per la realizzazione dei componenti e dei dispositivi elettronici (6 ore).

Lavori di gruppo in laboratorio per la realizzazione e il test di semplici circuiti elettronici di base (6 ore).

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante un test strutturato in due momenti: una domanda scritta nella quale lo studente dovrà dimostrare la sua padronanza degli argomenti fondamentali (punteggio da 0 a 10); una prova orale nella quale allo studente sarà richiesto di applicare le proprie conoscenze alla risoluzione di un problema reale (punteggio da 0 a 15); una domanda sull'attività di esercitazione in classe o in laboratorio (punteggio da 0 a 5).

## Testi

Materiale a cura del docente

Testi consigliati

- *Fondamenti di elettronica*, Francesco Centurelli, Aldo Ferrari, Zanichelli 2016
  - *The Art of Electronics*, Paul Horowitz, Winfield Hill, Cambridge University Press, Third Edition (2015)
- (Presente anche in edizione Italiana, L'arte dell'elettronica, Zanichelli, 2017)

# FONDAMENTI DI INFORMATICA

**Docenti** Giulio Iannello (Tit.); Pierangelo Afferni

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso introduce al funzionamento e all'uso di un sistema di elaborazione con un'enfasi sugli strumenti e le tecniche impiegate per la sua programmazione, e sulla sua struttura, sia hardware che software.

In termini di conoscenza e comprensione, sono obiettivi del corso la conoscenza e la comprensione: dei costrutti di un linguaggio di programmazione reale, dei principi con cui vengono formulati gli algoritmi sulle principali strutture dati che fanno uso di array, degli elementi fondamentali dell'architettura dei sistemi di calcolo, della rappresentazione delle informazioni mediante codifica con particolare riferimento alla rappresentazione dei numeri, degli strumenti di sviluppo del software, della struttura e delle principali funzioni dei sistemi operativi.

In termini di capacità di applicare conoscenza e comprensione, sono obiettivi del corso la capacità di formulare un algoritmo sulle principali strutture dati che fanno uso di array in linguaggio C in un ambiente di sviluppo specifico, di effettuarne il testing e il debugging, di codificare e manipolare informazioni in forma binaria, di applicare le conoscenze sull'architettura dei sistemi di calcolo a sistemi reali.

In termini di autonomia di giudizio è obiettivo del corso la capacità di riconoscere la correttezza di un algoritmo che impieghi le principali strutture dati che fanno uso di array.

In termini di abilità comunicative sono obiettivi del corso la capacità di descrivere i principi alla base del funzionamento di un sistema di elaborazione e di collegarli tra loro in modo coerente.

In termini di capacità di apprendere sono obiettivi del corso la capacità di apprendere altri linguaggi di programmazione consultandone la relativa documentazione, e di apprendere il funzionamento di sistemi di calcolo reali.

## **Prerequisiti**

Oltre a quelli richiesti per l'accesso al corso di Laurea, è richiesta la conoscenza delle principali definizioni riguardanti i vettori e le matrici che si acquisisce seguendo le lezioni del corso di Analisi Matematica. È richiesta anche la capacità di usare un computer.

## **Contenuti**

Il linguaggio C. Struttura dei programmi. Strutture di controllo. Tipi. Array mono e pluridimensionali. Sottoprogrammi. Operazioni di I/O. Stringhe di caratteri. Manipolazione di file. Il preprocessore. Librerie standard. (20 ore)

Tecniche di sviluppo dei programmi. Algoritmi per l'elaborazione di sequenze e di strutture multidimensionali. Complessità computazionale. Algoritmi di ricerca e ordinamento. Compilazione, collegamento, testing e debugging di programmi. Allocazione ed esecuzione dei programmi. (45 ore)

Architettura dei sistemi di elaborazione. Rappresentazione dei dati. Aritmetica dei calcolatori. Logica e algebra di Boole. Struttura e componenti di un sistema di elaborazione. Cenni sul linguaggio macchina e sull'implementazione dei blocchi funzionali della CPU. (15 ore)

Sistemi operativi. Interruzioni e meccanismi di protezione hardware. Struttura del sistema operativo. Gestione dei processi, della memoria e delle periferiche. File system e interfacce utente. (10 ore)

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (75 ore, di cui circa il 30% dedicato allo svolgimento di esempi ed esercizi). Esercitazioni in laboratorio, per insegnare l'uso degli strumenti software necessari per la programmazione con il linguaggio C e per lo svolgimento di esercizi (15 ore).

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alla programmazione in C vengono verificate mediante prove al calcolatore in cui viene richiesta la soluzione di un problema di programmazione. La tipologia di problemi proposti è quella delle tracce rese disponibili sulla piattaforma e-learning di corso (vedi link riportato in fondo alla scheda).

Le altre conoscenze e capacità vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici, di mettere in relazione aspetti diversi dell'organizzazione di sistema di calcolo e di risolvere esercizi.

La valutazione è espressa in trentesimi e l'esame si considera superato se entrambe le prove sono state valutate con un voto uguale o superiore a 18. La prova al calcolatore e la prova orale contribuiscono rispettivamente per 3/5 e 2/5 alla valutazione finale. La prova orale viene svolta successivamente a quella al calcolatore e solo se quest'ultima è risultata sufficiente. Nella prova orale lo studente può chiedere di essere interrogato anche sulla parte di programmazione in C per migliorare la valutazione ottenuta nella prova al calcolatore.

La sufficienza nella prova al calcolatore richiede che il programma risponda di norma completamente alla specifica fornita.

La sufficienza nella prova orale richiede la capacità di esporre i contenuti del corso effettuando almeno qualche collegamento concettuale tra di loro.

La lode viene attribuita solo se si è ottenuto il punteggio massimo in entrambe le prove e dimostrando una elevata padronanza degli argomenti oggetto della prova orale.

## Testi

Dispense di Fondamenti di Informatica, presentazioni powerpoint, esercizi (inclusi esercizi d'esame), distribuiti gratuitamente in forma elettronica sul sito <http://elearning.unicampus.it/>.

# IMPIANTI INDUSTRIALI E MACCHINE

<b>Docente</b>	Marcello De Falco (Tit.)
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso ha come obiettivo studiare e comprendere i principi fisici delle macchine industriali, quali pompe, compressori, scambiatori di calore e cicli di produzione dell'energia da fonti fossili e da fonti rinnovabili, e l'applicazione di tali principi a casi reali.

Partendo dall'analisi delle prime due leggi della termodinamica e dalle leggi di trasporto di materia ed energia, lo studente vedrà, con esempi pratici, come tali principi sono applicati nelle macchine e negli impianti, comprendendo concetti quali l'efficienza, la prevalenza, il lavoro e il calore, i cicli termodinamici per la conversione energetica, ecc.. Particolare attenzione verrà dedicata alle nuove tecnologie di produzione di energia da fonti rinnovabili, quali la fonte solare, eolica, idrica e geotermica.

Al termine del corso, lo studente avrà maturato una conoscenza del comportamento di macchine e impianti, maturando una capacità progettuale di base.

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sulla impiantistica generale e le principali macchine applicate.

### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di:

- comprendere i principi di conversione dell'energia;
- realizzare progettazioni di massima di pompe, compressori, scambiatori;
- comprendere il comportamento di impianti di generazione dell'energia.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

Conoscenze di base di matematica, fisica e chimica.

## **Contenuti**

Principi fisici e termodinamici (10 ore)

- Primo principio della termodinamica
- Secondo principio della termodinamica
- Il ciclo di Carnot e il concetto di efficienza di conversione.
- Diagramma di Mollier, piano dei calori e piano del lavoro.

La movimentazione dei fluidi: pompe e compressori, principi di funzionamento, calcolo della prevalenza, perdite di carico (5 ore).

La produzione di lavoro utile: principio di funzionamento di una turbina (5 ore).

Scambio di calore: principio di funzionamento, scambiatori tubes-and-shell, scambiatori a piastre, ribollitori e condensatori (5 ore).

Il processo di combustione e tipologie di combustibili (5 ore).

Cicli di produzione del lavoro utile dal calore: ciclo di Brayton-Joule, ciclo Diesel, ciclo Otto, ciclo Rankine a vapor saturo e a vapor surriscaldato, il concetto dello spillamento (20 ore).

Cicli di produzione del freddo: principi di funzionamento e applicazioni (2 ore).

L'efficienza energetica e le strategie di progettazione per l'incremento del rendimento delle macchine (3 ore).

Produzione di energia elettrica e calore da fonti rinnovabili: gli impianti fotovoltaici, il solare termico a concentrazione, gli impianti a biomassa, gli impianti idroelettrici e geotermici. (5 ore).

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso ed esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze acquisite vengono verificate mediante una prova scritta e una prova orale.

Durante la prova scritta, le conoscenze e le abilità relative agli argomenti del corso vengono verificate mediante lo svolgimento di due esercizi. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e la prova scritta, con conseguente accesso alla prova orale, sarà superata se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30.

La prova orale prevede due domande sul programma del corso. La durata della prova orale è di circa 20 minuti. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e la prova orale è superata se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto finale è calcolato come media delle due votazioni e sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## **Testi**

Dispense del docente

- Renato della Volpe "Esercizi di Macchine".

- Rolf Kehlhofer, Bert Rukes, Frank Hannemann, Franz Stirnimann “Combined-Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants”, 3rd edition.

## LABORATORIO DI BIOINGEGNERIA

**Docenti** Nevio Luigi Tagliamonte (Tit.);  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione*

L'insegnamento vuole fornire le nozioni di base su come pianificare, impostare ed eseguire attività sperimentali in laboratorio nell'ambito della bioingegneria, e su come analizzare i dati, discutere criticamente i risultati e presentare l'attività svolta tramite una relazione tecnica.

L'obiettivo formativo principale è quello di introdurre gli studenti alle attività di laboratorio, prendendo come esempio alcuni esperimenti di bioingegneria, riguardanti l'analisi dei segnali muscolari e fisiologici e la stima di proprietà dinamiche del corpo umano.

*Autonomia di giudizio:*

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la preparazione di una relazione tecnica di presentazione dei metodi di analisi introdotti in aula e di discussione dei risultati ottenuti dall'analisi dei dati raccolti durante le attività sperimentali di laboratorio.

*Capacità di apprendimento:*

Il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando l'applicazione dei concetti appresi a casi pratici.

*Abilità comunicative e soft skill:*

L'insegnamento si propone di sviluppare abilità comunicative e soft-skill attraverso la conduzione di attività di gruppo tese ad elaborare e analizzare i dati raccolti durante le sessioni sperimentali di laboratorio, a stilare una relazione tecnica e a tenere una presentazione sul lavoro svolto.

### Prerequisiti

Non richiesti

### Contenuti

Il programma del corso di Laboratorio di Bioingegneria prevede nel dettaglio l'insegnamento dei seguenti argomenti:

#### 1. VALUTAZIONE DELL'ATTIVITÀ ELETTROMIOGRAFICA (25 ore)

- Introduzione al sistema muscolare
- Generazione e modellazione del segnale elettrico muscolare
- Monitoraggio dell'attività muscolare tramite elettromiografia di superficie
- Analisi del segnale elettromiografico
- Attività di raccolta ed elaborazione di dati elettromiografici in laboratorio

- Affaticamento dal punto di vista mioelettrico
- Analisi delle sinergie muscolari

## 2. VALUTAZIONE DI SEGNALI FISIOLGICI (25 ore)

- Derivazione di parametri fisiologici (frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, impedenza galvanica della pelle)
- Monitoraggio di dati fisiologici
- Analisi di segnali provenienti da sensori fisiologici
- Attività di raccolta ed elaborazione di dati fisiologici in laboratorio
- Affaticamento dal punto di vista fisiologico
- Calcolo di parametri psicofisiologici

## 3. VALUTAZIONE DI PROPRIETÀ DINAMICHE DEL CORPO UMANO (10 ore)

- Introduzione all'antropometria
- Procedimenti di stima di parametri antropometrici
- Attività di raccolta ed elaborazione dati per la determinazione di parametri dinamici del corpo umano in laboratorio.

## Metodi Didattici

Il corso è organizzato in poche lezioni frontali, svolte all'inizio di ogni nuovo argomento, per introdurre le basi teoriche necessarie allo svolgimento degli esperimenti in laboratorio. Seguono lezioni pratiche in laboratorio per l'acquisizione di dati sperimentali ed esercitazioni in aula per l'elaborazione dei dati. L'analisi dei dati raccolti durante le esercitazioni di laboratorio verrà svolta da gruppi di 4-5 studenti, i quali redigeranno una relazione tecnica da consegnare 4 giorni prima dell'appello d'esame selezionato e da presentare il giorno dell'appello con il supporto di slide.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento degli obiettivi formativi verrà fatta tramite: (i) la preparazione di una relazione tecnica di presentazione dei metodi di analisi utilizzati e di discussione dei risultati ottenuti; (ii) la presentazione da parte di ogni gruppo di studenti dell'attività sperimentale svolta in laboratorio e la discussione dei risultati ottenuti; (iii) un colloquio orale per la valutazione delle basi teoriche e pratiche del corso. Durante il colloquio orale i docenti faranno domande differenziate tra gli studenti dello stesso gruppo per valutare l'apporto individuale al lavoro complessivo.

La valutazione finale dello studente verrà attribuita tramite una media pesata dei voti della relazione tecnica (25%), della presentazione dell'attività sperimentale (25%) e del colloquio orale (50%). La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove (relazione, presentazione e colloquio) con un punteggio finale superiore a 30/30.

## Testi

Dispense distribuite dal docente.

- G. Legnami, G. Palmieri, Fondamenti di Meccanica e Biomeccanica del Movimento, CittàStudi edizioni.
- E. Kaniusas, Biomedical Signals and Sensors I, Linking Physiological Phenomena and Biosignals, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

## LABORATORIO DI MECCANICA RAZIONALE

**Docente** Simonetta Filippi (Tit.); Christian Cherubini

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Obiettivo del corso è permettere allo studente di conoscere e padroneggiare gli strumenti della fisica-matematica applicata a problematiche avanzate di Meccanica analitica, facendogli acquisire conoscenze e capacità di comprensione necessarie per una trasposizione di processi fisici reali in modelli fisico-matematici. In concreto i concetti cardine della Meccanica Razionale devono essere assimilati ed applicati, analiticamente e specificamente numericamente attraverso software X-PPAUT e Matlab, a situazioni centrali per l'ingegneria. Un'attenzione particolare allo studio di aspetti applicativi facilitato grandemente dal calcolatore vuol permettere una modellazione quantitativa di sistemi caratterizzati anche da elevati livelli di complessità. L'acquisizione di un'abilità di investigare sistematicamente problemi particolari e casi pratici ha rilevanza per tematiche affrontate in altri corsi di Laurea Magistrale in cui la meccanica analitica dei sistemi giochi un ruolo centrale.

### Prerequisiti

Sono richieste conoscenze pregresse di Fisica Classica, Analisi Matematica, Geometria ed Algebra Lineare.

### Contenuti

- Meccanica di sistemi di particelle libere e vincolate (6 ore).
- Principi variazionali ed equazioni di Lagrange (8 ore).
- Cinematica e dinamica dei corpi rigidi (8 ore).
- Introduzione al formalismo dei sistemi continui e dei campi (8 ore).
- Studio di problemi selezionati ed esercizi analiticamente ed al calcolatore con software di simulazione (30 ore)

### Metodi Didattici

I metodi didattici del corso prevedono delle lezioni frontali sia di teoria (30 ore) che di esercitazione (30 ore) in aula ed in laboratorio di simulazione.

### Verifica dell'apprendimento

Le verifiche di apprendimento sono eseguite attraverso una prova unica in cui il candidato risolve inizialmente in forma scritta, eventualmente con l'ausilio del calcolatore, un esercizio mirato riguardante un sistema meccanico tipico della Meccanica Razionale al fine di verificare che questi abbia assimilato gli strumenti matematici teorici generali del corso e sappia utilizzarli in concreto. Se questa fase risulta sufficiente (voto in trentesimi da 18 in su), il candidato risponde in forma scritta a 2 domande mirate sul programma dettagliato del corso messo a disposizione dal docente sul sito Moodle e discute poi le proprie risposte con il docente. Anche a questa fase si associa un voto in trentesimi. L'esame complessivo si considera superato se lo studente ottiene un voto complessivo finale di 18/30 o superiore (fino a 30/30) ottenuto dalla media aritmetica tra i due voti precedentemente discussi. La lode viene attribuita dal docente nel caso in cui lo studente dimostri di essere stato completamente esaustivo sia nello svolgimento dell'esercizio che nella risposta alle domande teoriche generali. Il voto conseguito viene registrato sul libretto dello studente e su un verbale

elettronico. Qualora l'esame complessivo risultasse invece insufficiente, lo studente si dovrà ripresentare ad uno degli appelli successivi e ripetere l'intera procedura.

## Testi

- H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, "Meccanica classica", Zanichelli (2005).
- H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, "Classical Mechanics", Addison-Wesley (2001).

# LABORATORIO DI MISURE

<b>Docente</b>	Emiliano Schena (Tit.)
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenze e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni pratiche fondamentali che sono alla base della realizzazione e della caratterizzazione di un sistema di misura. A tal fine si approfondiscono i principi fondamentali e le principali caratteristiche dei seguenti dispositivi

- Oscilloscopio analogico e digitale;
- Misure di corrente, tensione e resistenza elettrica;
- Calibrazione statica di un sistema di misura;
- Stima dell'incertezza: incertezza di tipo A e tipo B;
- Distribuzione Gaussiana e di Student;
- Propagazione dell'incertezza: legge della propagazione dell'incertezza e metodo Montecarlo;
- Analisi sperimentale degli effetti di carico;
- Ponte di Wheatstone;
- Sistemi del primo e del secondo ordine;
- Tempo di risposta e banda passante;
- Trasformata di Fourier;
- Amplificatore operazionale;
- Misure di lunghezza con calibro e potenziometro;
- Misura di massa e forza con cella di carico;
- Misura di temperatura con termometro a resistenza con termocoppia;
- Acquisizione ed elaborazione dati in ambiente labVIEW.

### *Conoscenze e capacità di comprensione applicate*

La didattica frontale viene affiancata dall'esecuzione di esperimenti volti alla valutazione delle caratteristiche statiche di una catena di misura ponendo particolare attenzione alla curva di calibrazione, alla stima dell'incertezza e agli effetti di carico degli strumenti. Saranno, inoltre, approfonditi concetti relativi alla caratterizzazione della risposta dinamica di un sistema di misura, allo sviluppo di circuiti di amplificazione e filtraggio e all'analisi dei dati sperimentali.

### *Autonomia di giudizio*

Le conoscenze e capacità di comprensione acquisite, dovranno consentire allo studente di valutare e selezionare le soluzioni più appropriate per effettuare esperimenti volti alla caratterizzazione di sistemi di misura

### *Abilità comunicative*

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera sintetica e utilizzando in modo appropriato il lessico specifico dell'ambito relativo agli aspetti metrologici di strumenti di misura.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà nella condizione di ampliare le proprie conoscenze grazie alla capacità di lettura e interpretazione della documentazione tecnica relativa a dispositivi di misura e all'utilizzo di testi di riferimento in tale ambito (ad esempio la guida alla propagazione dell'incertezza e il vocabolario internazionale di metrologia)

## **Prerequisiti**

Nessun prerequisito ad eccezione dei prerequisiti richiesti per l'accesso al corso di laurea.

## **Contenuti**

Nel dettaglio, il programma del corso prevede i seguenti punti:

- Oscilloscopio analogico e digitale;
- Misure di corrente, tensione e resistenza elettrica;
- Calibrazione statica di un sistema di misura;
- Stima dell'incertezza: incertezza di tipo A e tipo B;
- Distribuzione Gaussiana e di Student;
- Propagazione dell'incertezza: legge della propagazione dell'incertezza e metodo Montecarlo;
- Analisi sperimentale degli effetti di carico;
- Ponte di Wheatstone;
- Sistemi del primo e del secondo ordine;
- Tempo di risposta e banda passante;
- Trasformata di Fourier;
- Amplificatore operazionale;
- Misure di lunghezza con calibro e potenziometro;
- Misura di massa e forza con cella di carico;
- Misura di temperatura con termometro a resistenza con termocoppia;
- Acquisizione ed elaborazione dati in ambiente labVIEW.

Nel dettaglio:

- Teoria ed esperimenti su misure di corrente tensione e resistenza. 10 ore (1 CFU)
- Teoria ed esperimenti sull'utilizzo dell'oscilloscopio e del generatore di funzione. 10 ore (1 CFU)
- Incertezza di tipo A e B: teoria ed esperimenti. 10 ore (1 CFU)
- calibrazione statica di uno strumento di misura. 5 ore (0.5 CFU)
- caratterizzazione sperimentale dei sistemi del I ordine. 5 ore (0.5 CFU)
- caratterizzazione sperimentale dei sistemi del II ordine. 5 ore (0.5 CFU)
- amplificazione. 5 ore (0.5 CFU)
- filtri attivi e passivi. 5 ore (0.5 CFU)
- introduzione all'utilizzo di labVIEW. 5 ore (0.5 CFU)

## Metodi Didattici

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Esercitazioni in laboratorio, per insegnare l'uso degli strumenti software necessari per l'analisi dei dati ottenuti durante esperimenti per insegnare l'utilizzo di strumenti necessari all'allestimento di una catena di misura. In particolare, il corso è strutturato come segue:

- Teoria ed esperimenti su misure di corrente tensione e resistenza (10 ore- 1 CFU);
- Teoria ed esperimenti sull'utilizzo dell'oscilloscopio e del generatore di funzione (10 ore-1 CFU);
- Incertezza di tipo A e B: teoria ed esperimenti (10 ore-1 CFU);
- Calibrazione statica di uno strumento di misura (5 ore-0.5 CFU);
- Caratterizzazione sperimentale dei sistemi del I ordine (5 ore-0.5 CFU);
- Caratterizzazione sperimentale dei sistemi del II ordine (5 ore-0.5 CFU);
- Amplificazione (5 ore-0.5 CFU);
- Filtri attivi e passivi (5 ore-0.5 CFU);
- Introduzione all'utilizzo di labVIEW (5 ore-0.5 CFU)

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative all'allestimento di una catena di misura e all'analisi dei dati sperimentali vengono verificate mediante prove in laboratorio e al computer in cui viene richiesta di svolgere un esperimento. Le altre conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici del corso, focalizzando l'attenzione sull'interpretazione dei dati e sulla realizzazione di un esperimento. Nella valutazione tali parti peseranno 20/30. Un progetto focalizzato sulla progettazione di una catena di misura peserà 10/30. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato solo se si conseguirà una votazione maggiore o uguale a 18/30.

## Testi

- Beckwith, T. G., Marangoni, R. D., & Lienhard, J. H. (2007). Mechanical measurements. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- Figliola, R. S., Beasley, D. E. (2011). Theory and Design for Mechanical Measurements. John Wiley & Sons, Inc.

Appunti del docente che saranno rese disponibili tramite la piattaforma di e-learning dell'Università Campus Bio-Medico di Roma.

# MECCANICA E TERMODINAMICA

**Docente** Letizia Chiodo (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso di Meccanica e Termodinamica tratta i concetti fondamentali della fisica classica e fornisce gli elementi per una conoscenza di base dei fenomeni fisici.

Il corso fornisce allo studente le conoscenze e lo aiuta a sviluppare una capacità di comprensione tali da poter trasporre processi fisici in modelli matematici, attraverso la soluzione di problemi per via analitica, tracciamento di grafici, esercizi e problemi di fisica. Inoltre questo corso fornisce agli studenti una formazione di base di fisica sperimentale, attraverso esperienze elementari di meccanica e termodinamica. Attraverso gli esempi e le applicazioni, con particolare attenzioni agli aspetti ingegneristici, si intende motivare gli studenti allo studio della Fisica e prepararli ad usare gli strumenti della Fisica in altri campi di studio e nelle loro professioni future.

Ulteriori obiettivi relativi alla capacità di applicare conoscenze e comprensione:

Il corso propone agli studenti conoscenze adeguate degli aspetti metodologico-operativi della fisica integrati con le altre scienze di base, al fine di essere in grado di utilizzare tali competenze per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria. In particolare, lo studente dovrà acquisire familiarità con il linguaggio matematico applicato a problemi fisici, attitudine a ragionare rigorosamente e capacità di interpretare i fenomeni naturali.

L'autonomia di giudizio dello studente verrà stimolata mediante la riflessione sul metodo scientifico, l'analisi approfondita di leggi fisiche e della loro applicabilità, l'analisi e la soluzione guidata di problemi riguardanti i diversi fenomeni studiati. L'autonomia di giudizio verrà verificata tramite le prove scritte e orali, per verificare l'acquisizione di una visione solida, critica ed originale nel presentare soluzioni a problemi fisici. Lo studente verrà stimolato allo sviluppo delle abilità comunicative, mediante la discussione in aula delle leggi e dei modelli utilizzati nella risoluzione di problemi fisici. Le capacità comunicative, in particolare l'abilità nel descrivere e trasmettere in modo chiaro, conciso ed efficace i concetti fisici appresi, saranno verificate in sede d'esame.

## Prerequisiti

Conoscenze di Analisi Matematica, Calcolo, Algebra Lineare.

## Contenuti

Metodo scientifico. Grandezze fisiche, definizione operativa. Sistemi di unità di misura. Vettori. (2 ore)

Cinematica. (6 ore). Legge oraria. Equazione del moto. Velocità. Accelerazione. Moto su traiettoria circolare. Moto uniformemente vario. Caduta dei gravi.

Dinamica del punto materiale. (16 ore) Principio di inerzia. Massa e forze. Secondo principio della dinamica.

Sistemi di riferimento inerziali e non inerziali. Moti relativi. Forze apparenti. Conseguenze del secondo principio della dinamica. Impulso e quantità di moto. Momento angolare e momento di una forza.

Energia cinetica e lavoro. Campi di forze conservativi e potenziali. Conservazione dell'energia meccanica. Equilibrio. Potenza.

Leggi delle forze. Forza peso. Sforzi. Reazioni vincolari. Attriti. Moti di un grave. Forze viscosse. Moto di un grave sottoposto a forza di resistenza viscosa. Forze elastiche. Moti di oscillatori smorzati e forzati. Risonanza. Gravitazione. Leggi di Keplero.

Dinamica dei sistemi. (17 ore) Centro di massa. Densità. Terzo principio della dinamica.

Equazioni cardinali della meccanica. Teorema di Koenig. Generalità sugli urti. Urti elastici e anelatici.

Sistemi rigidi. Momenti di inerzia. Calcolo dei momenti di inerzia elementari. Teorema di Huygens-Steiner. Energia cinetica di un sistema rigido. Equilibrio dei corpi rigidi

Corpo rigido girevole su un asse fisso. Moto di Rotolamento.

Proprietà elastiche dei solidi.

Meccanica dei fluidi. (6 ore) Pressione. Statica. Idrostatica nella gravità: legge di Stevino, principio di Archimede. Fluidi in movimento: liquidi perfetti (Teorema di Bernoulli). Cenni ai liquidi reali, con applicazioni ingegneristiche.

Termodinamica. (15 ore) Calore e temperatura. Sistemi termodinamici. Stati di equilibrio. Trasformazioni termodinamiche. Lavoro. Equivalente meccanico della calorica. Primo principio della termodinamica. Energia interna. Gas perfetti. Teoria cinetica dei gas. Interpretazione microscopica della pressione e della temperatura. Calori specifici. Trasmissione del calore. Conduzione in regime stazionario e non stazionario. Convezione. Irraggiamento. Transizioni di fase. Secondo principio della termodinamica. Cicli termodinamici. Ciclo di Carnot.

Cicli di Otto, Diesel. Entropia. Calcolo dell'entropia per alcuni sistemi termodinamici notevoli.  
Per ogni argomento sono previste esercitazioni a cadenza settimanale su problemi specifici.

## Metodi Didattici

I metodi didattici del corso prevedono delle lezioni frontali di teoria (60 ore) e di esercitazione (30 ore).

Nelle lezioni frontali vengono trattati gli argomenti del corso dal punto di vista teorico, vengono svolti esercizi base ed esempi concettuali, e vengono presentati esperimenti simulati, con applicazioni in Java e Matlab, di proprietà e sistemi semplici. Nelle esercitazioni, lo studente è guidato alla risoluzione di esercizi e problemi riguardanti i fenomeni fisici trattati durante le lezioni frontali. Tale attività è di supporto alla preparazione della prova di esame scritta.

## Verifica dell'apprendimento

Le verifiche di apprendimento sono eseguite attraverso una prova unica, in due fasi, su esercizi e domande su argomenti teorici.

Nella prima fase, il candidato risolve in forma scritta due esercizi, ognuno valutato al massimo 15 punti, al fine di verificare che lo studente abbia assimilato le metodologie di base per risolvere in concreto problemi di meccanica e termodinamica. A questa fase si associa un punteggio in trentesimi, e la fase si considera superata solo se lo studente ottiene un punteggio sufficiente (18/30 o superiore). Nella seconda fase della verifica, il candidato risponde in forma scritta a 2 domande mirate sul programma dettagliato del corso, pubblicato sul sito elearning al termine del corso. Lo studente discute poi le proprie risposte con il docente. Anche a questa fase si associa un punteggio in trentesimi, e la fase si considera superata solo se lo studente ottiene un punteggio sufficiente (18/30 o superiore).

L'esame complessivo si considera superato se lo studente ottiene un voto complessivo finale di 18/30 o superiore (fino a 30/30 e lode) ottenuto dalla media aritmetica tra i due punteggi precedentemente discussi. La lode viene attribuita dal docente nel caso in cui lo studente dimostri di essere stato completamente esaustivo sia nello svolgimento degli esercizi che nella risposta alle domande teoriche generali. Il voto conseguito viene registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico. Qualora l'esame complessivo risultasse invece insufficiente, lo studente si dovrà ripresentare ad uno degli appelli successivi e ripetere l'intera procedura.

## Testi

- P. MAZZOLDI, M. NIGRO, C. VOICI, Fisica, Vol. I, EdiSES, Napoli, 2000.

Per esercizi:

- P. MAZZOLDI, A. SAGGION, C. VOICI, Problemi di Fisica Generale, MEccanica e Termodinamica, Edizioni Libreria Cortina Padova, 1999.

Appunti delle lezioni pubblicati sul sito Elearning.

Testi consigliati per approfondimenti e consultazione:

- C. MENCUCCINI, V. SILVESTRINI, Fisica, Meccanica e Termodinamica, Casa Editrice Ambrosiana, 2016
- D. C. GIANCOLI, Fisica. Principi e applicazioni, seconda edizione (2006), Casa Editrice Ambrosiana.
- R. A. SERWAY, J. W. JEWETT Jr., Fisica per Scienze ed Ingegneria - Vol. I - Meccanica e termodinamica, EdiSES Napoli, 2014
- R. A. SERWAY, J. W. JEWETT Jr., Physics for Scientists and Engineers, 9th edition, Cengage

## MECCANICA PER MACCHINE E SISTEMI BIOMECCANICI

**Docente** Nevio Luigi Tagliamonte (Tit.); Ettore Pennestri'

**Periodo** Ciclo Annuale Unico

### Obiettivi

Il corso è strutturato secondo due moduli, A (I semestre) e B (II semestre), con gli obiettivi riportati nel seguito.

*Conoscenza, capacità di comprensione e capacità applicative*

Il modulo A si propone di fornire allo studente le conoscenze di Cinematica e Dinamica finalizzate all'impostazione, simulazione e valutazione di semplici modelli di macchine e la conoscenza delle modalità di analisi e progettazione di meccanismi.

Il modulo B si propone di mettere a disposizione dello studente gli strumenti per la progettazione meccanica di componenti di macchine e sistemi biomeccanici e per la comprensione del processo progettuale, con particolare riferimento alle attività preliminari di impostazione e ottimizzazione.

Lo studente dovrà essere in grado di:

- Eseguire l'analisi di strutture cinematiche e dei gradi di libertà (g.d.l.) di meccanismi;
- Impostare e risolvere modelli cinematici per la valutazione delle velocità ed accelerazioni (analisi cinematica) in meccanismi articolati attraverso metodi grafici e numerici iterativi;
- Applicare procedure grafiche ed analitiche per risolvere elementari problemi di sintesi cinematica;
- Conoscere le varie modalità di trasmissione del moto tra assi (ingranaggi, giunti, etc.);
- Impostare e simulare semplici modelli per l'analisi statica e dinamica di sistemi meccanici;
- Analizzare modelli lineari a 1 e 2 g.d.l. per l'analisi delle vibrazioni nei sistemi meccanici;
- Eseguire il calcolo delle frequenze naturali e modi di vibrare per modelli lineari di macchine;
- Conoscere i principi di funzionamento delle principali macchine a fluido (turbomacchine);
- Redigere un documento di specifiche tecniche come fase preliminare per la progettazione di macchine;
- Applicare i fondamenti di norme e standard alla stesura di specifiche tecniche progettuali;
- Applicare le norme di rappresentazione grafica per il disegno di semplici componenti meccanici, utilizzando anche software di Computer Aided Design;
- Applicare concetti di scienze delle costruzioni (calcolo delle caratteristiche delle sollecitazioni e delle tensioni in modelli di strutture semplici) per il dimensionamento e la verifica di organi di macchine;
- Applicare criteri di resistenza e analisi dell'intensificazione degli sforzi e della fatica per il dimensionamento e la verifica di componenti di macchine;
- Utilizzare metodi per la selezione dei materiali per il dimensionamento di componenti di macchine;
- Conoscere le tolleranze dimensionali e geometriche e la rugosità superficiale per la progettazione di componenti di macchine;
- Utilizzare software per simulazioni strutturali statiche (Finite Element Method).

*Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella comprensione dei

concetti teorici e nella valutazione dei risultati nell'ambito delle esercitazioni e, soprattutto, delle attività di progetti didattici svolti durante l'intero corso.

#### *Capacità di apprendimento*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni (con riferimento sia ad argomenti teorici che ad esercitazioni) e consenta una partecipazione attiva alle stesse. Il corso, tramite le attività di progetti didattici (soprattutto del modulo B), stimola l'approfondimento personale di argomenti segnalati dal docente, la rivisitazione in chiave progettuale di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici, per consentire lo sviluppo della capacità di applicare e contestualizzare metodi e nozioni per la risoluzione di problemi ingegneristici.

#### *Abilità nella comunicazione*

Si porrà particolare cura alla qualità della comunicazione, con particolare riferimento al linguaggio parlato (proprietà di linguaggio, correttezza formale dell'esposizione), a quello scritto (in fase di stesura delle relazioni relative ai progetti didattici) e a quello grafico (per gli argomenti che prevedono rappresentazioni grafiche). Lo studente, oltre ad apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace, verrà, pertanto, anche introdotto alla redazione di documenti tecnici.

## **Prerequisiti**

Analisi Matematica, Fisica, Geometria, Scienza delle Costruzioni.

## **Contenuti**

Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti di base per la progettazione di macchine, con particolare riferimento a quelle di interesse biomedicale e biomeccanico. Il corso è organizzato in due moduli, descritti di seguito.

### MODULO A (I semestre)

1. Cinematica dei moti rigidi (24 ore)
  - applicazioni di analisi cinematica;
  - applicazioni di sintesi cinematica;
2. Trasmissioni meccaniche (3 ore)
  - Giunti;
  - Rotismi;
3. Statica e Dinamica per sistemi piani (21 ore)
  - Principio dei lavori virtuali;
  - Metodi numerici;
4. Vibrazioni (9 ore)
  - ad 1 e 2 g.d.l.;
  - Isolamento delle vibrazioni;
  - Velocità critiche flessionali;
5. Macchine (3 ore)
  - Sistemi di produzione energia;
  - Turbomacchine.

## MODULO B (II semestre)

1. Basi della progettazione (15 ore)
  - Specifiche tecniche;
  - Norme e standard;
  - Avamprogetto;
2. Principi di disegno di macchine (10 ore)
  - Norme di rappresentazione grafica;
  - Computer Aided Design;
  - Tolleranze dimensionali e geometriche;
  - Rugosità superficiale;
3. Dimensionamento e verifica (35 ore)
  - Modello trave;
  - Tensore degli sforzi;
  - Trazione/compressione, flessione e torsione;
  - Intensificazione degli sforzi;
  - Metodo agli Elementi Finiti;
  - Criteri di resistenza statica e a fatica;
  - Diagrammi di Ashby per la scelta dei materiali.

## Metodi Didattici

12 CFU (6 CFU per ciascun modulo) di lezioni frontali che includono: i) la presentazione di argomenti di tipo teorico per lo svolgimento di attività di analisi e sintesi di sistemi meccanici; ii) lo svolgimento di esercitazioni che mostrano l'applicazione della teoria a problemi specifici iii) la presentazione e la spiegazione di tracce per lo svolgimento di progetti didattici, che richiedono l'applicazione di diversi argomenti del corso e l'approfondimento specifico, supportato dai docenti, da parte degli studenti.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative alle tematiche del corso sono verificate con le seguenti modalità:

- a) Svolgimento di progetti didattici da eseguire autonomamente, con il supporto dei docenti, nel corso dei due semestri e basati su differenti argomenti del corso;
- b) Prova scritta, in cui si richiede la soluzione di 6 quesiti, a ciascuno dei quali è assegnato un punteggio compreso tra 0 e 5 punti; al termine del modulo A, sarà possibile sostenere una prova scritta parziale (3 quesiti su argomenti di tale modulo) il cui risultato potrà essere considerato nella formulazione del voto finale in sede di esame al termine dell'intero corso (ovvero a valle del modulo B).
- c) Prova orale su argomenti trattati durante l'intero corso. Il docente ha la possibilità di verificare il livello di padronanza degli strumenti teorici e della loro applicazione, acquisiti sia in aula che tramite studio personale, nonché il livello di capacità analitica e di rigore formale raggiunto dallo studente. I quesiti potranno riguardare i) argomenti teorici ii) esercizi articolati, differenti dagli esempi illustrati in aula, la cui impostazione dello schema risolutivo è guidata dal docente e che richiedono l'applicazione di diversi argomenti trattati a lezione; iii) attività svolte per l'esecuzione dei progetti didattici.

Alla prova orale si accederà solo se sono stati svolti tutti i progetti didattici e ottenuto il punteggio minimo di 18 nella prova scritta sostenuta durante lo stesso appello. Il voto finale è espresso in trentesimi. Nella formulazione del voto finale si tiene conto per il 10% del profitto nello svolgimento dei progetti didattici, per il 40% del voto conseguito nella prova scritta e per il 50% del voto della prova orale.

L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. A discrezione della commissione si concede la lode agli studenti che non solo abbiano studiato tutti gli argomenti del corso ma che dimostrino pure una non comune abilità nell'applicare correttamente le conoscenze acquisite per l'analisi e la risoluzione di problemi differenti da quelli illustrati nel corso. L'esame non viene superato nel caso in cui lo studente non abbia adeguatamente studiato gli argomenti fondamentali, segnalati come tali dal docente durante lo svolgimento del corso, ovvero nel caso in cui si palesino importanti lacune nella formazione di base (tipicamente in Fisica o Matematica).

## Testi

Dispense distribuite dai docenti.

- N.P. Belfiore, A. Di Benedetto, E. Pennestrì, Elementi di Meccanica Teorica e Applicata, Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- A. Di Benedetto, E. Pennestrì, Introduzione alla Cinematica dei Meccanismi, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, voll. I, III.
- E. Pennestrì, Dinamica Tecnica e Computazionale, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, vol. I.
- Shigley, J, Uicker, J., Theory of machines and mechanisms, McGraw-Hill Higher Education.
- Juvinall, R. C., and Marshek, K. M., 2006. Fundamentals of machine component design. John Wiley & Sons.

# METODI DI OTTIMIZZAZIONE DELLA RICERCA OPERATIVA

**Docente** Marco Papi (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si prefigge l'obiettivo di rendere lo studente capace di elaborare i concetti, i metodi e le applicazioni propri dell'ottimizzazione. Tra gli argomenti trattati vi sono l'ottimizzazione lineare ed intera, l'ottimizzazione non lineare vincolata e non vincolata. Il corso si propone inoltre di affrontare alcuni aspetti della teoria delle decisioni e il legame con l'ottimizzazione. I riferimenti a problemi reali e il frequente ricorso a esemplificazioni si accompagnano al rigore nella descrizione della teoria dell'ottimizzazione, degli algoritmi risolutivi e dei modelli applicativi.

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione*

Lo studente dovrà acquisire capacità e competenze volte a saper traslare le informazioni teoriche e le abilità operative acquisite nell'ambito dell'ottimizzazione ai contesti scientifici e tecnologici propri dell'ingegneria. Il corso intende fornire allo studente una autonoma capacità di analizzare un problema reale, di formulare un modello di ottimizzazione che lo rappresenta, di individuare un algoritmo risolutivo e, infine, di interpretarne i risultati.

### *Autonomia di giudizio*

L'autonomia di giudizio verrà stimolata mediante lo sviluppo guidato dell'analisi ed interpretazione individuale di elaborati tecnico-scientifici. A tale scopo, verranno analizzati esempi e casi di studio sollecitando gli studenti alla discussione. L'autonomia di giudizio verrà verificata tramite una prova scritta ed una prova teorica, relative alla capacità di elaborare in modo autonomo ed originale le tematiche proprie dell'ottimizzazione.

### *Abilità comunicative*

Lo studente verrà stimolato allo sviluppo delle abilità comunicative mediante l'organizzazione e la preparazione di una prova teorica individuale. Pertanto, lo studente saprà utilizzare le modalità e gli strumenti tecnici per una gestione efficace della comunicazione.

### *Capacità di apprendimento*

Lo studente dovrà aver acquisito non solo competenze e conoscenze adeguate al superamento dell'esame, ma soprattutto stimoli, capacità e metodi di apprendimento adeguati per l'aggiornamento e l'innalzamento continuo delle proprie competenze nell'ambito dei metodi di ottimizzazione applicati all'ingegneria. In particolare, verrà posta particolare attenzione al saper osservare fenomeni reali, formulando un modello matematico, in grado di descriverne gli aspetti salienti. Pertanto, allo studente verranno trasmessi motivazioni e metodi per progredire a livelli di conoscenza sempre più avanzati, mediante lo sviluppo di un'adeguata autonomia operativa.

## **Prerequisiti**

Analisi Matematica e Calcolo e Algebra Lineare. Nozioni di base sul calcolo differenziale ed integrale per funzioni di una o più variabili reali.

## **Contenuti**

Modelli e decisioni. Introduzione alla Ricerca Operativa. Scopi e metodologie della Ricerca Operativa. I problemi decisionali. Classificazione dei problemi decisionali. I problemi di ottimizzazione. Formulazione matematica dei problemi di ottimizzazione: funzione obiettivo e vincoli. Funzioni convesse e loro proprietà. Problemi di ottimo con vincoli di uguaglianza e di disuguaglianza: teorema di Kuhn – Tucker. Introduzione alla Programmazione Lineare (PL).

Teoria della programmazione lineare. Proprietà dell'insieme delle soluzioni ammissibili ed il concetto di soluzione di base. Il metodo del simplesso e dualità. Programmazione lineare intera. Metodi di taglio. Branch and Bound. Il problema dello zaino. Algoritmi evolutivi e metodi mono-dimensionali. Il metodo di Newton. Metodi multi-dimensionali e metodo del gradiente.

Geometria della programmazione lineare. Cenni di geometria convessa. Rappresentazione dei vincoli e della funzione obiettivo. Soluzione grafica dei problemi di PL.

Il metodo del simplesso. Forma standard di un problema di PL. Riduzione alla forma standard. Definizione di soluzione di base. Interpretazione geometrica delle soluzioni di base. Forma canonica e riduzione alla forma canonica. Il teorema fondamentale della programmazione lineare. L'algoritmo del simplesso. Degenerazione e regole anticiclo. Il simplesso a due fasi.

Teoria della dualità. Duale di un problema di PL. Legami fra primale e duale. Dualità debole. Dualità forte. Condizioni di scarto complementare.

Programmazione lineare intera. Definizione di un problema di Programmazione Lineare Intera (PLI). Interpretazione geometrica. Matrici unimodulari e totalmente unimodulari. Algoritmo di Branch & Bound. Cenni sulla Programmazione Lineare Mista. Il problema dello zaino.

Teoria delle decisioni e analisi decisionale. Certezza, rischio ed incertezza. Condizioni di rischio. Decisioni strutturate e non strutturate. Decisioni in condizioni di incertezza. Alternative, outcomes e stati della natura, matrice di decisione. Criterio del valore atteso. Il concetto di lotteria. Funzioni di utilità e loro proprietà. Avversione al rischio, neutralità. Equivalente certo. Criterio della massima utilità attesa.

Programmazione dinamica. Formulazione, esempi e problema di base. Importanza del controllo Feedback.

Problemi deterministici e stocastici ad un numero finito di stati. Principio di ottimalità. L'algoritmo della Programmazione dinamica deterministica e stocastica (con dimostrazione). Cenni al caso continuo: l'equazione di Hamilton-Jacobi-Bellman come limite dell'algoritmo di programmazione dinamica. Esempi.

Laboratorio. Uso di MatLal ed Excel per la risoluzione dei problemi di ottimizzazione.

## Metodi Didattici

Il corso viene erogato attraverso lezioni (60 Ore) ed esercitazioni frontali (20 Ore). Esso prevede anche l'analisi di casi di studio su tematiche specifiche dell'ottimizzazione, come momento di approfondimento e di applicazione delle conoscenze acquisite, coerentemente con gli obiettivi formativi precedentemente indicati.

## Verifica dell'apprendimento

La prova d'esame consiste in una prova scritta ed una prova teorica. Nella prova scritta sono assegnati 3 esercizi in forma aperta, riguardanti il programma svolto. Il punteggio complessivo (massimo) della prova scritta è pari a 30, con un punteggio minimo per il superamento pari a 18/30. Il tempo massimo assegnato per lo svolgimento della prova è pari a 2.5 ore. La scelta della risposta aperta mira ad accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi. In particolare, la prova mira a premiare la capacità d'identificare gli aspetti più importanti di ciascun argomento (vale a dire, riconoscere la priorità delle informazioni per ciascuna tematica) e di esporli in modo corretto ma sintetico. Nella prova teorica sono proposti allo studente quesiti riguardanti argomenti principalmente teorici svolti nel programma del corso. Il voto finale, espresso in trentesimi (con eventuale lode) è il risultato dell'esito combinato delle due prove scritta e teorica pari, rispettivamente, al 75% e al 25% del voto complessivo della prova d'esame.

## Testi

- Carlo Vercellis, Ottimizzazione - Teoria, metodi, applicazioni, Editore: McGraw-Hill.
- F.V. Fumero, Metodi di ottimizzazione: esercizi e applicazioni, Editore: Esculapio.
- Materiale didattico fornito dal docente attraverso la piattaforma di e-learning.

# METODI MATEMATICI

**Docente** Marco Papi (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si prefigge l'obiettivo di rendere lo studente capace di elaborare i concetti propri del calcolo differenziale ed integrale per funzioni di  $n$  variabili con il fine di utilizzarli per interpretare e descrivere alcuni problemi delle scienze applicate ed in particolare dell'ingegneria.

### *Capacità di applicare conoscenza e comprensione*

Lo studente dovrà acquisire capacità e competenze volte a saper traslare le informazioni teoriche e le abilità operative acquisite nell'ambito del calcolo in più variabili ai contesti scientifici e tecnologici propri dell'ingegneria. Lo studente dovrà saper affrontare attivamente problematiche tipiche della matematica. Le

capacità di applicare conoscenza e comprensione si conseguiranno mediante esercitazioni teorico-pratiche in aula.

#### *Autonomia di giudizio*

L'autonomia di giudizio verrà stimolata mediante lo sviluppo guidato dell'analisi ed interpretazione individuale di elaborati tecnico-scientifici. A tale scopo, verranno analizzati esempi e casi di studio sollecitando gli studenti alla discussione. L'autonomia di giudizio verrà verificata tramite prove scritte e orali, relative alla capacità di elaborare in modo autonomo ed originale le tematiche proprie dei Metodi Matematici per l'ingegneria apprese.

#### *Abilità comunicative*

Lo studente è stimolato allo sviluppo delle abilità comunicative mediante l'organizzazione e la preparazione di una prova teorica individuale. Pertanto, lo studente saprà utilizzare tutte le modalità e gli strumenti tecnici per una gestione efficace della comunicazione.

#### *Capacità di apprendimento*

Lo studente dovrà aver acquisito non solo competenze e conoscenze adeguate al superamento dell'esame, ma soprattutto stimoli, capacità e metodi di apprendimento adeguati per l'aggiornamento e l'innalzamento continuo delle proprie competenze nell'ambito della matematica applicata all'ingegneria. In particolare, verrà posta particolare attenzione al saper osservare fenomeni reali formulando un modello matematico in grado di descriverne gli aspetti salienti. Pertanto, allo studente verranno trasmessi motivazioni e metodi per progredire a livelli di conoscenza sempre più avanzati, mediante lo sviluppo di un'adeguata autonomia operativa.

## **Prerequisiti**

Analisi Matematica e Algebra Lineare. In particolare, lo studente deve conoscere e saper applicare le nozioni di base su spazi e sottospazi vettoriali ed i concetti fondamentali del calcolo differenziale ed integrale per funzioni di una variabile reale.

## **Contenuti**

Applicazioni lineari: Matrice di un'applicazione lineare rispetto a due basi fissate. Nucleo ed immagine. Matrice di un'applicazione lineare e cambiamenti di base. Operatori: Endomorfismi o operatori di  $\mathbb{R}^n$ . Autovettori ed autovalori di un operatore. Autospazi. Spettro di un operatore. Teorema fondamentale sulla diagonalizzabilità. Forma quadratica associata ad un operatore simmetrico. Operatori ortogonali. Isometrie e matrici ortogonali. Geometria piana e dello spazio.

Sistemi di riferimento e distanza tra due punti nel piano e nello spazio. Equazioni parametriche e cartesiana della retta nel piano e nello spazio e posizione reciproca. Equazioni parametriche e cartesiana del piano nello spazio e posizione reciproca tra due piani e retta piano.

Distanza punto retta nel piano, punto piano nello spazio. Rotazioni e ribaltamenti nel piano e nello spazio. Funzioni di più variabili reali

Limiti e continuità per funzioni di più variabili. Analisi delle forme di indeterminazione. Derivate parziali, piano tangente, differenziale.

Differenziabilità e approssimazione lineare. Derivate direzionali. Derivate di ordine superiore e approssimazioni successive. Matrice Hessiana

Ottimizzazione. Estremi liberi. Condizioni necessarie del primo ordine e sufficienti del secondo ordine. Estremi vincolati. Vincoli di uguaglianza e Teorema del moltiplicatore di Lagrange. Curve parametrizzate e curve sostegno. Curve regolari e calcolo differenziale vettoriale. Lunghezza di un arco di curva ed integrale curvilineo. Superfici parametrizzate, calcolo della normale ad una superficie regolare. Calcolo integrale per funzioni di più variabili. Integrali doppi. Proprietà elementari dell'integrale doppio. Calcolo degli integrali doppi: metodo di riduzione

Cambiamento di variabili (coordinate polari, sferiche e cilindriche). Calcolo di integrali tripli. Integrale di I e II Specie e Campi vettoriali. Integrali di linea (I specie o curvilineo). Campi vettoriali e integrali di linea (II specie). Linee di campo. Gradiente, divergenza e rotore. Integrale di linea di un campo vettoriale. Lavoro e

circuitazione. Campi conservativi e potenziali. Campi irrotazionali. Insiemi semplicemente connessi. Formule di Gauss-Green nel piano. Area e integrali di superficie. Integrale di superficie di una funzione continua. Flusso di un campo vettoriale attraverso una superficie orientata. Teorema della divergenza. Teorema del rotore (o di Stokes). Equazioni Differenziali

Calcolo delle soluzioni di equazioni differenziali lineari del primo e del secondo ordine lineari, nel caso omogeneo e nel caso non omogeneo

Equazioni a variabili separabili. Equazioni differenziali ordinarie non lineari. Teorema di esistenza ed unicità della soluzione (locale) del problema di Cauchy per l'equazione di primo ordine scalare. Soluzione locale e globale. Studio qualitativo delle soluzioni. Equazione di tipo Newton. Integrale primo e spazio delle fasi. Sistemi lineari di equazioni differenziali ordinarie. Struttura dell'insieme delle soluzioni nel caso omogeneo e non omogeneo. L'esponenziale di matrice, calcolo e rappresentazione. Successioni e Serie di Funzioni. Successioni di Funzioni: Convergenza puntuale, uniforme. Serie di Funzioni. Convergenza puntuale, uniforme e totale. Serie di potenze. Insieme di convergenza. Serie di Taylor. Derivazione ed integrazione termine a termine per serie uniformemente convergenti. Serie di Fourier

Serie trigonometriche e serie di Fourier. Polinomi trigonometrici e serie trigonometriche. Richiami sugli spazi vettoriali con prodotto scalare.

Lo spazio  $L_2$ . Coefficienti e serie di Fourier di una funzione 2-periodica.

Calcolo dei coefficienti di Fourier. Uguaglianza di Parseval

## Metodi Didattici

Il corso viene erogato attraverso lezioni (90 ore) ed esercitazioni frontali (30 ore). Esso prevede anche l'analisi di casi di studio su tematiche specifiche, come momento di approfondimento e di applicazione delle conoscenze acquisite, coerentemente con gli obiettivi formativi precedentemente indicati.

## Verifica dell'apprendimento

La prova d'esame consiste in una prova scritta ed una prova teorica. Nella prova scritta sono assegnati 7 esercizi in forma aperta, riguardanti il programma svolto. Il punteggio complessivo (massimo) della prova scritta è pari a 32 e risulta superata con punteggio minimo di 18/32. La struttura della prova scritta prevede un quesito sulle applicazioni lineari, un quesito di geometria analitica, un quesito sulla continuità e la differenziabilità in più variabili, un quesito sugli integrali multipli, un quesito sull'applicazione dei teoremi della divergenza e di Stokes, un quesito sulle forme differenziali ed i campi vettoriali conservativi, un quesito finale riguardante i sistemi di equazioni differenziali o, in alternativa la Serie di Fourier. Il tempo massimo assegnato per lo svolgimento della prova è pari a 3 ore. La scelta della risposta aperta mira ad accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi. In particolare, la prova mira a premiare la capacità d'identificare gli aspetti più importanti di ciascun argomento (vale a dire, riconoscere la priorità delle informazioni per ciascuna tematica) e di esporli in modo corretto ma sintetico. Nella prova teorica, cui è possibile accedere soltanto previo superamento della prova scritta, sono proposti allo studente quesiti riguardanti argomenti principalmente teorici svolti nel programma del corso. Il voto finale, espresso in trentesimi (con eventuale lode) è il risultato dell'esito combinato delle due prove scritta e teorica pari, rispettivamente, al 75% e al 25% del voto complessivo della prova d'esame.

## Testi

- M. Bramanti, C.D. Pagani, S. Salsa, *Analisi Matematica 2*, Zanichelli.
- R. Adams, *Calcolo differenziale 2*, Ambrosiana editrice
- E. Giusti, *Esercizi e Complimenti di Analisi Matematica vol. 2*, Bollati Boringhieri.

## MISURE

<b>Docente</b>	Emiliano Schena (Tit.)
<b>Periodo</b>	Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Conoscenza e capacità di comprensione. Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti le misure di grandezze fisiche con la relativa incertezza, all'analisi ed interpretazione dei risultati ed alla comprensione delle metodologie e dei principi di funzionamento dei più diffusi strumenti di misura.

Capacità applicative. Lo studente dovrà essere in grado di analizzare le metodiche di misura più opportune davanti ad un semplice caso applicativo. Dovrà essere in grado di scegliere e valutare l'impiego di un sistema volto a soddisfare specifiche necessità di misura, monitoraggio, collaudo o controllo in ambito industriale, sanitario, ambientale o civile.

Autonomia di giudizio. Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso.

Abilità nella comunicazione. Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo logico a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

Capacità di apprendere. Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse

### Prerequisiti

Nessun prerequisito ad eccezione dei prerequisiti richiesti per l'accesso al corso di laurea.

### Contenuti

Fondamenti della misurazione (6 h lezione 4 h esercitazione)

La misura di grandezze fisiche. Catena di misura. Sistemi di unità di misura: il Sistema Internazionale, altri Sistemi. I campioni e la riferibilità. Equazioni dimensionali e fattori di conversione. Misurando e grandezze d'influenza. Incertezza di misura.

Generalità sugli strumenti e sui procedimenti di misurazione. (18 h lezione 12 h esercitazione)

Strumenti di misura: qualità metrologiche degli strumenti. Caratteristiche metrologiche statiche: campo di misura; curva di graduazione; sensibilità; risoluzione; accuratezza; precisione; linearità. Rapporto segnale/ rumore. Taratura. Caratteristiche dinamiche degli strumenti: tempo di risposta; tempo di assestamento; risposta dinamica in modulo e fase. Strumenti di ordine zero, primo e secondo. Analisi della risposta dinamica di uno strumento in transitorio ed a regime: funzione errore; decremento logaritmico; analisi in frequenza; figure di Lissajous. Strumenti terminali: galvanometro ed oscilloscopio. Effetto di carico degli strumenti. Amplificatori elettronici ed adattamento di impedenza. Circuiti di elaborazione del segnale. Campionamento e conversione analogico-digitale. Il metodo sperimentale e la progettazione della catena di misura. Caratteristiche di qualità del procedimento di misurazione. Ripetibilità e riproducibilità.

Cifre significative ed incertezza. (6 h lezione 4 h esercitazione)

Operazioni con cifre significative. Discrepanza e differenze significative. Analisi dei risultati di misura di grandezze statiche e dinamiche. Rappresentazione dei dati sperimentali: grafici e tabelle. Analisi e propagazione

dell'incertezza. Elementi di statistica inferenziale. Ricerca dei fattori sistematici. Propagazione delle incertezze.

Misure dimensionali e di deformazione (6 h lezione)

La misura di lunghezza. Calibro, micrometro, potenziometro. Generalità sulle misure di deformazione; estensimetri meccanici ed elettrici; circuiti per estensimetri e compensazione della temperatura.

Misure di spostamento, velocità ed accelerazione (6 h lezione)

Comparatori elettrici. Trasduttori resistivi, capacitivi ed induttivi. Misure di moto relativo: trasformatore differenziale LVDT. Encoder ottico. Vibrometro e accelerometro. Misure di massa, forza e coppia. Celle di carico monoassiali e multiassiali. Effetti di carico.

Misure di pressione (6 h lezione)

Generalità sulle misure di pressione. Barometro. Manometri a liquido. Manometri a deformazione di elementi elastici. Trasduttori di pressione. Vacuometro di McLeod.

Misure di portata (6 h lezione)

Metodi di misura della portata di fluidi incomprimibili. Tubo di Pitot. Misuratori di portata massica e volumetrica. Tubo Venturi. Misure di portata con metodo deprimogeno: diaframmi e boccagli. Misure di portata fluidi comprimibili. Anemometro a filo e film caldo. Rotometro.

Misure di temperatura (6 h lezione)

La scala di temperatura. Il termometro a gas. Termometri a liquido. Termometri elettrici. Termistori. Termocoppie.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze acquisite dallo studente vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici del corso. Verranno richiesti allo studente due argomenti. Nella valutazione tali parti peseranno 30/30.

## Testi

- T. G. Beckwith, R. D. Marangoni, J. H. Lienhard. Mechanical Measurements Addison-Wesley Pub Company, Reading MA, USA.
- R.S. Figliola, D.E. Beasley. Theory and design for mechanical measurements. Wiley.
- E.O. Doebelin. Strumenti e Metodi di Misura. McGraw-Hill Publishing Group Italy

# PROBABILITÀ E STATISTICA PER L'INGEGNERIA

**Docente** Filippo Cacace (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso introduce alla teoria delle probabilità fornendo i fondamenti teorici relativi al concetto di misura di probabilità, variabili aleatorie, processi stocastici, distribuzioni di probabilità, valore atteso e valore atteso condizionato, stime di minima varianza e massima verosimiglianza. Tali nozioni sono applicate a problemi

di stima di variabili in presenza di disturbi e analisi di serie temporali. Nella parte applicativa viene introdotto l'ambiente di calcolo numerico Matlab.

## **Prerequisiti**

Algebra lineare e Le nozioni fondamentali di calcolo differenziale in più variabili.

## **Contenuti**

1. Argomenti di Teoria della Probabilità – Elementi di teoria della probabilità e fenomeni aleatori. Spazio di probabilità e variabili aleatorie. Funzione di distribuzione e densità di probabilità di variabili aleatorie. Studio di alcune distribuzioni notevoli. Valore atteso e sue proprietà. Matrici di covarianza. Distribuzione congiunta e marginale. Indipendenza statistica e valore atteso condizionato. Stima di minima varianza. Teorema di Bayes. Convergenza di variabili aleatorie. Teorema del limite centrale. Legge debole e forte dei grandi numeri. Stima di vettori gaussiani. Stima lineare di vettori non gaussiani.
2. Argomenti di statistica matematica – Elementi di statistica descrittiva. Principio di verosimiglianza. Stima di massima verosimiglianza. Regressione lineare. Stima dei minimi quadrati. Stima di Markov. Inferenza statistica, test statistici.
3. Matlab. Operazioni su matrici. Programmazione. Integrazione di equazioni differenziali ordinarie. Problemi di minimo. Analisi dei dati.

## **Metodi Didattici**

Lezioni in aula e sviluppo di applicazioni pratiche in MATLAB.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso vengono verificate mediante una prova scritta della durata di circa 90 minuti, consistente di norma nello svolgimento di 10 esercizi, volti a verificare la conoscenza delle nozioni teoriche introdotte nel corso, la capacità di applicare i risultati teorici per risolvere problemi specifici e la capacità di individuare la metodologia corretta da utilizzare in uno scenario applicativo, e in una prova computer che ha lo scopo di verificare la capacità dello studente di risolvere problemi numerici con l'ambiente di calcolo Matlab.

## **Testi**

- R. Christensen. Plane answers to complex questions: the theory of linear models. Springer Science & Business Media, 2011.
- O. C. Ibe. Fundamentals of applied probability and random processes. Elsevier Academic Press, 2005.
- R. Pruim. Foundations and Applications of Statistics - An Introduction using R. American Mathematical Society, Providence, 2011.

# PROGETTAZIONE DELLE APPARECCHIATURE PER L'INDUSTRIA DI PROCESSO I

<b>Docente</b>	Antonino Germana' (Tit.)
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e gli strumenti necessari per affrontare problemi connessi alla progettazione e la realizzazione degli impianti dell'industria di processo trasversalmente ai settori energetico, ambientale, delle acque, Oil&Gas, chimico, petrolchimico, biotecnologico, farmaceutico, etc., in cui opera l'ingegnere chimico.

Una specificità del corso è quella di proporre elementi di conoscenza aggiuntivi che consentano, in sede di progettazione, di tener conto del concetto di sostenibilità pensato come valore aggiunto ogni volta che ci si appresta a progettare un impianto industriale.

### *Capacità applicative*

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi meccanici strumentati (P&I), progettazione meccanica delle singole apparecchiature e simulazione matematica per l'analisi del comportamento sotto sforzo del piping e delle apparecchiature.

### *Autonomia di giudizio*

Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo autonomo, con l'utilizzo di software specifici per la progettazione meccanica e per la visualizzazione 3D degli impianti, con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie elaborazioni che dovrà successivamente illustrare alla classe e al docente. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente a elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sviluppa una crescente capacità di apprendimento attraverso una metodologia di insegnamento che affianca alla frequenza costante delle lezioni ed esercitazioni, un'intensa attività di progettazione strutturata con i criteri organizzativi tipici delle società di ingegneria.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

Ingegneria delle Apparecchiature:

- Norme di progettazione per apparecchiatura in pressione (EUROCODICI, ASME). Calcolo di fasciami cilindrici, fondi piani, bombati e conici. Dimensionamento di flange, piastre tubiere, bocchelli e bulloneria.
- Dimensionamento meccanico delle principali apparecchiature di processo (colonne, scambiatori di calore, reattori e serbatoi).

- Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazione delle apparecchiature: aspetti connessi con il dimensionamento ed approvvigionamento.

Ingegneria del macchinario:

- Pompe, compressori, turbine a vapore, motori elettrici. Norme API, specifiche tecniche, materiali di ostruzione, criteri di installazione, avviamento e collaudo.

Ingegneria delle tubazioni:

- Tubazioni e Valvole: Standardizzazione (UNI, ANSI) nella progettazione di reti tubazioni e relative valvole. Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazioni di tubazioni e di valvole, aspetti normativi (UNI, ASTM). Analisi degli sforzi e progettazione delle reti di tubazioni ad alta temperatura.
- Schemi di Impianto: Convenzioni e simboli. Criteri generali per la elaborazione di uno schema meccanico. Schemi meccanici tipici di servizi: stazione di pompaggio e distribuzione di acqua, distribuzione vapore, distribuzione aria compressa.
- Schemi di impianti tipici: centrale termica, impianto aria compressa, impianto di dissalazione dell'acqua di mare.

## Metodi didattici

Il Corso di Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo I è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. Inoltre, progetti su specifici argomenti del Corso, vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati. Le relazioni finali sono presentate e discusse in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso di Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo I sono verificate attraverso:

- una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale, della durata di 4 ore;
- una prova orale che si svilupperà all'interno di due aree tematiche assegnate allo studente quattro ore prima del colloquio.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritto ed orale) viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

## Testi

- Coulson & Richardson's, Chemical Engineering, Pergamon Press.
- Young E.H., Process Equipment Design, J.Wiley.
- King R.C., Piping Handbook, McGraw-Hill.

Bibliografia aggiuntiva:

- Eugene Megyesy, Pressure Vessel Handbook, PV Publishing, Inc.
- Dennis Moss, Pressure Vessel Design Manual, Gulf Professional Publishing.

# PROGRAMMAZIONE MODULARE

**Docente** Marcello Esposito (Tit.); Pierangelo Afferni  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso di Programmazione Modulare introduce all'uso delle metodologie e degli strumenti utili a sviluppare applicazioni nel rispetto dei principali requisiti di qualità del software: correttezza, affidabilità, estensibilità, manutenibilità, riusabilità, portabilità, scalabilità. Il discente apprenderà i concetti sulla programmazione orientata agli oggetti (incapsulamento, ereditarietà, polimorfismo) e le linee guida utili alla scomposizione di un'applicazione in forma modulare. Acquisirà le nozioni relative alla definizione di tipi di dati astratti ed alla realizzazione delle corrispondenti strutture dati concrete (alberi, liste, pile, code, tabelle). Studierà gli algoritmi di ricerca ed ordinamento anche in forma ricorsiva, e ne saprà valutare la complessità. Sarà in grado di sviluppare semplici applicazioni in linguaggio Java e documentarle mediante linguaggi orientati alla modellazione del software (UML). La parte finale del corso introduce il discente ai problemi, agli strumenti ed alle soluzioni utili ad affrontare lo sviluppo delle moderne applicazioni in contesti produttivi reali, sensibilizzandolo alla valutazione dei compromessi e all'adozione di scelte consapevoli.

Una sostanziale parte del corso è organizzata in forma esercitativa.

## Prerequisiti

Competenze di base su elementi di informatica e di programmazione in un linguaggio strutturato.

## Contentuti

1 CFU

La programmazione orientata agli oggetti in Java. Meccanismi di astrazione. Incapsulamento. Information hiding. L'ereditarietà quale strumento di progettazione o di riuso. Il polimorfismo. Java: genesi e cenni storici. La Java Virtual Machine (JVM). Java e portabilità. La Garbage Collection (GC). Il Java Reference Manual. L'ambiente di sviluppo. Introduzione ad Eclipse. Installazione e caratteristiche dell'ambiente. L'applicazione Hello World.

1 CFU

Le classi: notazioni di base. La specifica come interfaccia. Funzioni membro. Costruttore di default, costruttore con parametri, ciclo di vita degli oggetti. Metodi di accesso e di posizionamento. Accesso ai membri di una classe: membri private, protected e public. Il puntatore this. Esercizi sulla progettazione e realizzazione di semplici classi a partire dalla loro specifica formale.

1 CFU

Ereditarietà in Java. Le classi derivate. Meccanismi sintattici per la derivazione. La ridefinizione dei metodi nelle classi derivate (overriding). Trasmissione dei diritti di accesso. Ordine di chiamata di costruttori e distruttori in gerarchie di classi. Compatibilità tra classi antenate e classi derivate. Polimorfismo in Java. Motivazioni per il polimorfismo. Meccanismi sintattici per il polimorfismo. Metodi virtuali. Classi puramente astratte. Esercitazione sul polimorfismo. Realizzazione di una gerarchia di classi polimorfiche a partire dalla descrizione di un problema concreto.

1 CFU

I metodi: aspetti avanzati. Sovraccarico dei nomi di metodo (method overloading). Firma di un metodo (signature). Variabili e memoria: aspetti avanzati. Classi di memorizzazione delle variabili in Java: variabili statiche, automatiche e dinamiche. Area stack, area heap, ed area dati statici. Visibilità (scope) e tempo di vita (lifetime) di una variabile. Allocazione dinamica della memoria: operatore new del linguaggio Java. Concatenamento di strutture dinamiche mediante puntatori. Array in Java. Array: motivazioni ed esempi.

Allocazione di un array. Calcolo con array ad 1 e 2 dimensioni. Calcolo matriciale. Esercitazione su allocazione dinamica della memoria. Esercitazione su liste semplicemente collegate. Esercitazione su calcolo matriciale.

1 CFU

Tipi di dati astratti: specifica ed implementazione. Liste, pile, code, alberi, tabelle (realizzazioni statiche e dinamiche). Alberi binari ordinati. Inserimento ed eliminazione di elementi da un albero. Visita di un albero. Ordine della complessità ed analisi dell'efficienza delle realizzazioni concrete. La ricorsione. Schema degli algoritmi ricorsivi. Meccanismo interno di ricorsione. Risoluzione in forma iterativa di un algoritmo ricorsivo. Esempio: il fattoriale. Impiego degli algoritmi ricorsivi. Problemi di ricerca ed ordinamento. Ricerca lineare e ricerca binaria in una lista. Ordinamento per selezione (selection sort). Ordinamento per scambi (bubble sort), Ordinamento per inserzione (insertion sort). Ordinamento con doppio indice (quick sort). Complessità degli algoritmi di ricerca ed ordinamento. Analisi comparata dell'efficienza degli algoritmi di ordinamento. Esercitazione su algoritmi ricorsivi. Ricerca di un elemento in un albero, conteggio delle occorrenze di un elemento dato in un albero, inversione di una lista semplicemente collegata.

1 CFU

Analisi e progettazione ad oggetti con l'UML. Diagramma dei casi d'uso (use-case diagram). Diagramma delle classi (class diagram). Diagramma di sequenza (sequence diagram). Diagramma di collaborazione (collaboration diagram). Pattern di progettazione software. Concetto di Design Pattern. I pattern architetturali class-level: strategy, decorator, state.

## Metodi didattici

Lezioni teoriche (3 CFU) ed esercitazioni al calcolatore assistite dal docente (3 CFU).

## Verifica dell'apprendimento

Test a risposta multipla contenente 20 domande e della durata di un'ora. Ogni risposta corretta dà 4 punti. Ogni risposta errata dà -1 punto. Le domande senza risposta danno 0 punti. Il test si considera superato totalizzando almeno 40 punti. Il punteggio in 30esimi viene calcolato normalizzando a 36 il punteggio in 80esimi e cimando a 30. In caso di superamento del test, si ha accesso alla prova di programmazione, che accerta le abilità dello studente a realizzare in linguaggio Java un tipo di dato astratto a partire dalla sua specifica formale e in accordo con le metodologie apprese durante il corso. Il punteggio complessivo è calcolato come media del punteggio raggiunto al test ed alla prova di programmazione. Lo studente può scegliere di sostenere un colloquio orale per migliorare il voto di 2 punti al massimo.

## Testi

Programmazione di base ed avanzata con Java – W. Savitch. Pearson.

51 Esercizi di Java con soluzioni – Marcello Esposito – <http://esercizicpp.sourceforge.net/>

Dispense dal corso.

# SCIENZE DELLE COSTRUZIONI

**Docente** Alessio Gizzi (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso introduce ai temi classici della Scienza delle Costruzioni seguendo un approccio induttivo. Gli aspetti

teorici di base sono introdotti a partire da problemi elementari concreti, successivamente estesi a casi più complessi.

Le conoscenze sono costruite sulla base di numerosi esempi applicativi d'immediata comprensione. Lo scopo è quello di costruire gradualmente l'assimilazione dei principi fondamentali della materia. In particolare, un'ampia sezione del corso è dedicata all'analisi delle strutture e delle sezioni di impiego comune nelle strutture civili.

In termini di abilità e competenze, sono obiettivi specifici del corso la capacità di:

- 1) risolvere strutture isostatiche per sistemi di travi e strutture reticolari;
- 2) risolvere strutture iperstatiche lineari tramite il metodo delle forze e degli spostamenti;
- 3) calcolare la distribuzione degli sforzi sulla sezione secondo le ipotesi di Saint Venant;
- 4) tracciare i cerchi del Mohr in maniera grafica ed analitica;
- 5) caratterizzare analiticamente deformazioni e tensioni principali per materiali elastici lineari isotropi ed omogenei.
- 6) applicare criteri di resistenza e stabilità.

Il corso ha come obiettivo formativo anche il raggiungimento di conoscenza e capacità di comprensione teorica ed applicata, autonomia di giudizio, abilità comunicative scritte ed orali e capacità di apprendimento.

## Prerequisiti

Analisi matematica e Algebra lineare.

Meccanica e Termodinamica (Fisica I).

## Contenuti

Le attività didattiche comprendono moduli teorici interconnessi (5.5 ore a settimana) accompagnati da moduli di esercitazione dedicati ad ogni modulo (2 ore a settimana).

**Parte 0:** geometria delle aree e complementi (5 ore).

Introduzione al corso.

Richiami e complementi. Sistemi di forze, somme vettoriali, proiezioni di vettori.

Geometria delle aree. Momento statico. Momento d'inerzia. Momento polare. Sistema di riferimento principale. Ellisse centrale d'inerzia.

**Parte I:** I corpi rigidi (8 ore).

Il modello di corpo rigido. Spostamenti rigidi e Caratterizzazione cinematica dei vincoli. Il problema cinematico. Statica dei corpi rigidi. Le azioni esterne e la caratterizzazione statica dei vincoli. Il problema statico. La dualità statico-cinematica. Le strutture reticolari.

**Parte II:** Le travi elastiche monodimensionali (16 ore).

Modellazione. Cinematica e Statica della trave. Materiale costitutivo. Il problema elastico per la trave. Metodo degli spostamenti: la linea elastica. Teorema dei Lavori Virtuali. Metodo delle forze. Sistemi di travi.

**Parte III:** Il continuo tridimensionale (19 ore).

Il mezzo continuo: analisi della deformazione ed analisi della tensione. Il legame elastico lineare. Il problema dell'equilibrio elastico: formulazione diretta ed aspetti energetici.

**Parte IV:** Il cilindro di Saint Venant (28 ore).

Il problema di Saint Venant. Forza normale eccentrica e Flessione retta. Forza deviata, Tensoflessione e Pressoflessione. Torsione uniforme. Flessione e taglio.

**Parte V:** Analisi e verifica strutturale (10 ore).

I criteri di resistenza. Il fenomeno dell'instabilità strutturale. Verifica strutturale.

## **Parte VI:** Approfondimenti (4 ore).

Cilindro in pressione e campi di spostamenti. Aspetti energetici dei criteri di resistenza.

### **Metodi Didattici**

- Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso, fornite le dimostrazioni teoriche e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a casi di principio (5 ore/settimana).
- Esercitazioni in aula che approfondiscono i temi teorici con esercizi più complessi e predispongono lo studente alle prove d'esame (2.5 ore/settimana).

### **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alle nozioni di base della Scienza delle Costruzioni vengono verificate mediante un esame che si suddivide in una prova scritta ed una orale teorico/pratica al fine di valutare autonomia di giudizio e abilità comunicative.

La prova scritta consiste in esercizi che coprono tutti i temi tecnici trattati a lezioni e mira alla valutazione dell'autonomia di giudizio per la soluzione di problemi propri della Scienza delle Costruzioni. La valutazione è espressa in trentesimi. Il raggiungimento della sufficienza nella prova scritta (18/30) permette allo studente di accedere alla prova orale teorico/pratica.

La prova orale teorico/pratica verifica il grado e l'apprendimento delle conoscenze teoriche fornite allo studente. La prova prevede che lo studente illustri per iscritto ed oralmente argomenti specifici, dimostrazioni teoriche, protocolli di progetto e verifica dimostrando abilità comunicative acquisite durante il corso in termini di linguaggio tecnico proprio della Scienza delle Costruzioni. La valutazione è espressa in trentesimi.

Il voto finale, espresso in trentesimi, consta della media aritmetica fra i voti della prova scritta e di quella orale ottenuti nella medesima prova d'esame. L'assegnazione della lode sarà valutata sulla base della preparazione che lo studente dimostra nella prova orale.

### **Testi**

Testo di riferimento:

- P. Casini & M. Vasta. Scienza delle Costruzioni, CittàStudy Edizioni, 2016.

<http://www.cittastudi.it/catalogo/ingegneria/scienza-delle-costruzioni-3414/autori>

Dispense:

Esercizi trattati a lezione posti sul servizio e-learning.

Testi di approfondimento:

- R. Hulse, Jack Cain. Structural Mechanics, McMillan, 2000.

<https://www.macmillanihe.com/page/detail/structural-mechanics-r-hulse/?sf1=barcode&st1=9780333804575>

- C. Comi & L. Corradi dell'Acqua. Introduzione alla meccanica strutturale. McGrawHill, III edizione 2016.

<https://www.mheducation.it/9788838667145-italy-meccanica-delle-strutture-v1-2ed>

# SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

**Docente** Francesco Basoli (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze per la comprensione delle relazioni che sussistono tra la struttura dei materiali a livello atomico e molecolare e le loro proprietà tecnologiche. Nello specifico verranno analizzati i principi fondamentali relativi:

- Alla struttura atomica e ai legami interatomici dei materiali.
- Alla struttura cristallina dei materiali.
- Alle imperfezioni e alla diffusione nei solidi.
- Alle proprietà meccaniche dei materiali, ai meccanismi per l'aumento della resistenza e alla rottura dei materiali.
- Ai diagrammi di fase e alle trasformazioni di fase dei materiali
- Ai processi di lavorazione
- Alla corrosione e al degrado dei materiali

### *Capacità applicative*

Il corso fornirà competenze utili per una corretta scelta dei materiali nelle applicazioni ingegneristiche. Lo studente dovrà essere in grado di correlare le nozioni teoriche sui materiali metallici, polimerici e ceramici con i dati sperimentali per formulare criteri di massima per il loro corretto utilizzo. Inoltre, dovrà altresì essere in grado di valutare i processi e le trasformazioni necessarie a modificarne le proprietà a seconda delle specifiche ingegneristiche richieste.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari e attraverso la scelta del testo di riferimento. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare una crescente capacità di apprendere, attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni e alle esercitazioni, mediante una partecipazione attiva alle stesse.

## Prerequisiti

Conoscenze di base di chimica inorganica e organica.

## Contenuti

Concetti base (20h) - Classificazione dei materiali (metallici, polimerici, ceramici, compositi). Legami chimici e struttura cristallina dei materiali. Solidificazione dei metalli, policristallinità. Processi attivati termicamente (diffusione). Materiali metallici (30h) - Proprietà meccaniche dei materiali (diag. sforzo deformazione, effetto della dimensione dei grani, durezza, deformazione plastica, creep, meccanica della frattura, fatica...).

Diagrammi di stato (binari e ternari). Acciai e ghise. Leghe di alluminio. Leghe di titanio. Altri materiali (10h) - Materiali polimerici: reazioni di polimerizzazione, termoplastici e termoindurenti. Materiali ceramici: strutture cristalline. Ceramiche tradizionali e avanzati. Proprietà meccaniche e termiche dei ceramici. Materiali compositi. Compositi a matrice polimerica, metallica e ceramica. Calcestruzzo. Corrosione e protezione dei materiali.

### **Metodi Didattici**

Lezioni frontali che introducono le tematiche del corso (40 ore) ed esercitazioni numeriche per la loro applicazione a problemi specifici (20 ore).

### **Verifica dell'apprendimento**

Esame scritto con 3 esercizi numerici e 3 domande di teoria a risposta aperta. Il voto sarà espresso in trentesimi (con lode). Le domande e gli esercizi si baseranno sul programma del corso, ogni domanda/esercizio darà allo studente un punteggio variabile tra 0 e 5 punti. L'esame sarà superato con un voto maggiore o uguale a 18 e il voto sarà trascritto sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

### **Testi**

- William D. Callister & David G. Rethwisch, Scienza e Ingegneria dei materiali. Edises s.r.l.
- W.F. Smith, Scienza e Tecnologia dei materiali, McGraw Hill
- Donald R. Askeland, Scienza e Tecnologia dei Materiali, Città Studi Edizioni.

Dispense fornite dal Docente e accessibili su <http://moodle.unicampus.it>.

- William D. Callister & David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering. John Wiley & Sons Inc.
- W.F. Smith, Materials Science and Technology, McGraw Hill.
- Donald R. Askeland, The Science and Engineering of Materials, Cengage Learning.

Handouts available at <http://moodle.unicampus.it>

## **SISTEMI INFORMATIVI**

**Docente** Mario Merone

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

Conoscenza degli aspetti fondamentali di un sistema informativo per la gestione di basi di dati. Conoscenza della struttura e delle proprietà del modello relazionale dei dati. Conoscenza dei linguaggi di interrogazione di una base di dati relazionale: algebra relazionale e linguaggio SQL. Conoscenza del sviluppo di software professionali e dei processi software con particolare attenzione alla progettazione architetture e alle tecniche di sviluppo agile. Conoscenza delle principali architetture dei sistemi informatici distribuiti.

### **Prerequisiti**

Competenze di base di programmazione.

### **Contenuti**

Caratteristiche di un sistema per la gestione di basi di dati. Caratteristiche del modello relazionale dei dati.

Algebra relazionale: operatori principali e definizione delle interrogazioni. Il linguaggio SQL.

Tipologie di sistemi informativi aziendali (CRM, ERP, ecc.). Aspetti tecnologici con particolare riferimento ai sistemi web-based. Ciclo di vita di un sistema informativo aziendale.

Sviluppo software professionali. Processi software e attività di processo. Tecniche di sviluppo agile. Progettazione architeturale, viste e schemi architetture.

Il protocollo HTTP; Architetture software con particolare riferimento all'architetture Client-Server; linguaggi lato client (HTML e CSS) e linguaggio lato server (PHP) per la creazione di applicazioni web based; particolare attenzione all'estrazione, inserimento, cancellazione e modifica di dati all'interno di un database MYSQL.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Esercitazioni in laboratorio, per insegnare l'uso degli strumenti software utili per la modellizzazione di dati e processi e per lo sviluppo di applicazioni web.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità richieste vengono verificate mediante un progetto svolto dagli studenti in gruppo e una prova orale in cui viene chiesto di applicare gli strumenti di modellizzazione di dati e processi a semplici esempi concreti, e di illustrare argomenti specifici del programma, mettendo in relazione i diversi aspetti dell'impiego di strumenti informatici nei processi aziendali.

La valutazione è espressa in trentesimi e l'esame si considera superato se il voto è superiore o uguale a 18. La lode viene attribuita solo se si è ottenuto il punteggio massimo, dimostrando al contempo una elevata padronanza degli argomenti oggetto della prova orale.

## Testi

I contenuti del corso sono inclusi nei seguenti testi di riferimento:

- Atzeni, Ceri, Paraboschi, Torlone, 'Basi di dati - Modelli e linguaggi di interrogazione', McGraw Hill.
- Pighin M., Marzona A., Sistemi Informativi Aziendali - Struttura e Processi, Pearson Education Italia. 2011
- Rumbaugh J, Jacobson I, Booch G, The Unified Modeling Language Reference Manual Second Edition. Ingegneria del software Ian Sommerville, Pearson
- Della Mea, Di Gaspero, Scagnetto, Programmazione web lato server, seconda edizione, Apogeo, Milano, 2010

# STORIA DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA

*(modulo del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria)*

**Docenti** Vittoradolfo Tambone (Tit.); Luca Borghi

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivi generali del corso: Il corso si propone di ripercorrere alcuni snodi dello sviluppo scientifico e tecnologico degli ultimi due secoli con particolare attenzione agli ambiti dell'ingegneria chimica, biomedica e gestionale. Gli obiettivi di apprendimento riguardano soprattutto: a. conoscenza e capacità di comprensione

della rilevanza assunta dal "fattore umano" nella storia dell'innovazione tecno-scientifica; b. capacità applicative relative alla scoperta e all'analisi di casi di "contaminazione" tra aree disciplinari differenti caratteristici di alcune delle vicende storiche analizzate; c. autonomia di giudizio nella valutazione psicologica, socio-culturale ed etica delle vicende analizzate; d. abilità nella comunicazione da esercitare e dimostrare nella sintesi personale che delle varie vicende che si sarà chiamati a svolgere in sede di esame orale; e. capacità di apprendere nell'ulteriore analisi autonoma di altre vicende storiche e nel confronto di tali vicende con analoghe situazioni attuali.

## **Prerequisiti**

Nessun prerequisito richiesto.

## **Contenuti**

1. Introduzione. René Laennec e la rivoluzione della diagnostica strumentale in medicina
2. Oltre le colonne d'Ercole. L'attraversamento dell'Atlantico, metafora della scienza moderna
3. Questioni di colore: dall'industria chimica ottocentesca alla chemioterapia
4. Creatività e contaminazione. La fotografia tra arte e scienza
5. Il secolo della chirurgia. Una grande trasformazione professionale provocata (anche) dalla chimica
6. Quando le vecchie tecnologie erano nuove. La percezione sociale dell'innovazione tecnologica
7. Vedere attraverso. Wilhelm Conrad Rontgen e la rivoluzione radiologica
8. Raggi che guariscono. La scoperta della radioattività e i primi passi della radioterapia
9. Lo spirito della scienza. Razionalità scientifica e fenomeni paranormali
10. Terre di mezzo. La collaborazione tra ingegneri e medici alle origini della cardiocirurgia
11. «E mò e mò... Moplen!» Ascesa e (relativo) declino dell'industria chimica italiana
12. Fatti e misfatti della sperimentazione biomedica del Novecento

A ciascun argomento verrà dedicata un'ora di lezione.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali e dibattito in aula.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica avverrà attraverso un colloquio orale che sonderà sia la conoscenza delle principali coordinate storiche degli argomenti affrontati, sia la capacità da parte dello studente di evidenziarne e spiegarne gli aspetti legati al "fattore umano" e alla capacità di contaminazione dei vari protagonisti. Il giudizio finale sarà un voto in trentesimi che farà media con quello ottenuto negli altri insegnamenti del Corso integrato di Humanities per l'Ingegneria.

## **Testi**

- Luca Borghi, Umori. Il fattore umano nella storia delle discipline biomediche, SEU, Roma 2012
- Luca Borghi, Do moral concerns check the advancement of scientific and medical knowledge? The lesson of René Laennec after the bicentennial of the invention of the stethoscope (1816-2016), SCIENZE E RICERCHE. MAGAZINE, Supplemento a Scienze e Ricerche n. 46, marzo 2017, pp. 19-20
- Luca Borghi, Heart Matters. The collaboration between Surgeons and Engineers in the Rise of Cardiac Surgery. In: Pisano R (ed.). A Bridge between Conceptual Frameworks. Sciences, Society and Technology Studies. Dordrecht, Springer 2015, pp. 53-68, ISBN: 978-94-017-9645-3

Diapositive usate a lezione

# STRATEGIE, PROCESSI E PROGETTI

<b>Docente</b>	Lorenzo Ardito (Tit.);
<b>Periodo</b>	Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso intende fornire i concetti fondamentali circa la definizione e l'analisi della strategia aziendale e come questa viene tradotta in processi operati. Si forniranno, quindi, schemi e modelli di analisi per l'elaborazione della strategia competitiva in relazione al settore industriale, risorse e competenze dell'impresa, e le nozioni fondamentali, sia teoriche che pratiche, sul business process management. Inoltre, il corso intende fornire agli allievi gli elementi di base per l'analisi e la rappresentazione dei principali processi di gestione dei progetti, nonché la conoscenza pratica delle tecniche e degli strumenti relativi.

## Prerequisiti

Nessun prerequisito disciplinare.

È comunque requisito preferenziale la conoscenza di economia e organizzazione aziendale.

## Contenuti

**Modulo 1** (15 ore). Il primo modulo propone le definizioni principali e metodi di valutazione delle scelte strategiche. In particolare, si discuteranno:

- Il concetto di strategia
- L'analisi di settore
- L'analisi dei concorrenti
- Natura e fonti del vantaggio competitivo: il vantaggio di costo e il vantaggio di differenziazione
- Catena del valore
- Approccio strategico basato sulle risorse e competenze
- Le strategie di business nei diversi contesti competitivi

**Modulo 2** (15 ore). Il secondo modulo fornisce una panoramica dei modelli relativi al business process management. Si tratteranno, pertanto:

- Classificazione, esempi, cruscotti direzionali e Key Performance Indicators.
- Organizzazione per processi e Business Process Management.
- ICT a supporto della gestione dei processi: linguaggi di modellazione dei processi.
- Tecniche di rappresentazione dei processi.

**Modulo 3** (30 ore). Il terzo modulo offre i concetti fondamentali e gli strumenti per la gestione dei progetti. In particolare, si tratteranno:

- Definizione di progetto e di gestione per progetti.
- Fasi e ciclo di vita di un progetto.
- Stakeholders di progetto e influenze organizzative e socio-economiche.
- Gestione dell'integrazione dei progetti.
- Gestione dell'obiettivo dei progetti e Work Breakdown Structure.

- Gestione temporale dei progetti (sequenze di attività, schedulazione delle attività con GANTT, CPM, PERT).
- Gestione economica dei progetti (pianificazione delle risorse, cost baseline, budget di progetto, sistemi di controllo dell'avanzamento).
- Gestione della qualità e dei rischi dei progetti.

## Metodi Didattici

Il corso si basa su lezioni frontali (40 ore), presentazioni di casi studio (10 ore) ed esercitazioni (10 ore).

## Verifica dell'apprendimento

La prova di accertamento è scritta e conterrà una serie di domande volte ad accertare la conoscenza teorica sulla definizione delle strategie aziendali e la gestione di processi e progetti presentate a lezione. Inoltre, verranno proposti 2-3 esercizi teorico-numeric mirati alla soluzione di problemi pratici sul tipo di quelli affrontati durante i casi studio e le esercitazioni svolte.

In particolare, i punteggi saranno distribuiti nel seguente modo: parte teorica ca. 15 pti. totali; parte esercitativa ca. 15 pti. totali. La parte teorica consiste in 10-15 quesiti tra domande a risposta chiusa, a risposta aperta o combinazione delle due soluzioni. Il punteggio a ciascuna domanda teorica varia in base alla difficoltà.

## Testi

Modulo 1 e Modulo 2: Dispense didattiche disponibili in formato elettronico su ...

Modulo 3: Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, World Wide Web: <http://www.pmi.org> e dispense didattiche fornite dal docente.

# TERMODINAMICA APPLICATA ALL'INGEGNERIA

**Docente** Luigi Marrelli (Tit.)

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Oggetto del corso è lo studio della "Termodinamica degli equilibri di fase". Essa pone relazioni fra le grandezze macroscopiche che caratterizzano lo stato dei sistemi fisici, quali pressione, temperatura, composizione, nelle condizioni di equilibrio di due o più fasi fisiche.

Nella prima parte del corso vengono forniti alcuni strumenti indispensabili per impostare e risolvere molti dei problemi che interessano l'ingegneria chimica. Vengono, quindi, presentate e discusse le grandezze e le equazioni fondamentali della termodinamica. Una sezione apposita è dedicata alle proprietà volumetriche dei fluidi ed alle equazioni di stato per descrivere il comportamento PVT dei gas e dei vapori. Al comportamento dei componenti puri segue la trattazione delle proprietà termodinamiche delle miscele che consente di affrontare lo studio degli equilibri di fase. In particolare viene analizzato l'equilibrio fra una fase liquida ed una fase vapore o gassosa (equilibrio L-V ed equilibrio G-L) che sono alla base delle operazioni unitarie di distillazione e di assorbimento, rispettivamente; l'equilibrio fra due fasi liquide (equilibrio L-L) su cui è basata l'operazione di estrazione con solvente.

Il criterio seguito nella trattazione degli argomenti è conforme agli obiettivi formativi dei corsi di studio in ingegneria chimica che devono fornire, al contempo, le competenze per un rapido inserimento nell'attività

professionale e la base scientifica per la specializzazione caratteristica della laurea magistrale. Pertanto, se da un lato i temi affrontati sono trattati con il dovuto rigore scientifico, si è dato ampio spazio ai problemi pratici che si possono incontrare in ambito professionale. L'assimilazione dei contenuti risulta più agevole attraverso i numerosi esempi ed esercizi proposti che hanno la finalità di sviluppare le abilità dello studente nel tradurre i concetti teorici nella capacità di risolvere problemi di ingegneria.

I problemi che gli studenti incontrano nello studio della termodinamica sono dovuti in parte alla difficoltà intrinseca della materia che fa uso di concetti astratti ed in misura molto maggiore alla difficoltà di utilizzare tali concetti per l'analisi dei processi di separazione basati sugli equilibri di fase; in particolare, tenendo conto che si tratta di studenti dei primi anni non ancora formati alla soluzione di problemi di ingegneria.

## Prerequisiti

Lo sviluppo degli elementi trattati presuppone che siano acquisiti, dai corsi di Chimica e di Fisica, i principi fondamentali della Termodinamica, anche se i concetti essenziali vengono richiamati per una più approfondita comprensione degli argomenti trattati.

È inoltre indispensabile che gli studenti conoscano gli elementi dell'analisi matematica.

## Contenuti

- A) Bilanci di materia e di energia. Grandezze di stato. Proprietà volumetriche dei fluidi puri e delle miscele.
- B) Potenziali termodinamici: fugacità, attività e coefficienti di attività. Condizioni termodinamiche di equilibrio.
- C) Equilibrio liquido-liquido: condizioni di smescolamento. Previsione delle composizioni delle fasi all'equilibrio.
- D) Equilibrio liquido-vapore. Calcolo delle temperature e delle pressioni di inizio ebollizione e di inizio condensazione in miscele omogenee ed eterogenee in fase liquida. Calcolo del flash.
- E) Equilibrio gas liquido: riferimento di Henry per il componente supercritico. Solubilità di liquidi in gas: umidità.

La suddivisione in ore degli argomenti del corso dipende molto dalle capacità dell'uditorio nel senso che anno per anno il docente regola l'ampiezza ed i dettagli della trattazione di ciascun argomento in base alle difficoltà manifestate dagli allievi nell'assimilare i concetti esposti. Una suddivisione indicativa media è la seguente:

Punto A): circa 10 ore

Punto B) circa 20 ore

Punto C) circa 10 ore

Punto D) circa 15 ore

Punto E) circa 5 ore

## Metodi Didattici

Le modalità di insegnamento derivano dagli obiettivi formativi che si vogliono ottenere e dalle difficoltà tipiche del corso illustrate nella sezione dedicata agli obiettivi formativi.

Pertanto nelle lezioni relative ai contenuti generali della termodinamica si fa continuo riferimento con esempi all'uso dei concetti esposti per la soluzione di problemi tipici dell'ingegneria di processo.

Nella seconda parte del corso che tratta proprio dei modelli termodinamici dei processi di separazione l'attenzione è rivolta alla scelta del modello adatto per descrivere i fenomeni tipici del processo analizzato.

Ogni fase del corso è caratterizzata dallo svolgimento di esercitazioni in classe svolte in gruppi e dalla discussione con il docente dei risultati ottenuti.

Purtroppo il limitato numero di ore di lezioni ed esercitazioni non consente di sviluppare adeguatamente negli allievi la capacità di applicare i concetti teorici alla soluzione di problemi pratici. Questa lacuna viene in parte colmata con numerose ore di tutorato e discussioni per la preparazione all'esame.

## **Verifica dell'apprendimento**

La prova di verifica si articola nello svolgimento di una prova scritta, consistente nella soluzione di un paio di problemi da svolgere numericamente, ed in una prova orale.

La prova orale a sua volta consiste nella discussione con i membri della commissione di problemi di ingegneria da risolvere mediante i metodi della termodinamica.

Entrambe le prove consentono di stabilire il livello di apprendimento da parte dello studente e le sue capacità di utilizzare in modo appropriato le conoscenze acquisite, di formulare eventuali ipotesi semplificative e di interpretare i risultati ottenuti.

Nel caso che la commissione valuti non sufficiente la preparazione dello studente, si attiva un processo libero di tutorato per colmare le lacune riscontrate.

Questo meccanismo, eventualmente ripetuto più volte, porta generalmente lo studente ad acquisire le conoscenze di termodinamica necessarie per proseguire gli studi di ingegneria.

## **Testi**

Dispense del docente ed esercizi risolti su Moodle.

- S.I. Sandler - Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics. John Wiley&Sons (2006)
- L.Marrelli - Termodinamica degli equilibri di fasi fluide. Ed. Efestò (2017)

**Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Biomedica**



## ORDINAMENTO E ORGANIZZAZIONE DIDATTICA

### ARTICOLAZIONE DEL CORSO DI LAUREA

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica si articola in due anni, per un totale di 120 crediti formativi universitari ripartiti tra i corsi di insegnamento comuni, i corsi di insegnamento curriculare, i corsi di insegnamenti a scelta e la prova finale.

Il CdS offre agli studenti insegnamenti fondamentali sulla meccatronica per i sistemi biomedicali, la robotica industriale e medica, le misure e la strumentazione biomedica, l'elaborazione delle immagini, la bioingegneria della riabilitazione e la dinamica dei sistemi complessi, integrando i contenuti teorici con esempi applicativi di sistemi nel settore biomedicale. È inoltre previsto un insegnamento, denominato "Biodesign", dedicato allo svolgimento in aula di un'importante attività progettuale, col supporto di docente e tutor, secondo il modello del *learning-by-doing*). L'insegnamento è supportato dai docenti di lingue, per migliorare l'apprendimento del lessico tecnico.

Il CdS si avvale della consultazione delle parti sociali al duplice scopo di rendere il corso di laurea più attrattivo e di migliorare la collocazione dei laureati nel mondo del lavoro, fornendo una formazione mirata a rispondere sia alle esigenze del mondo del lavoro che alle aspettative dei laureati stessi.

Il CdS è stato quindi progettato tenendo conto che: (i) il numero di studenti iscritti al CdLM è molto aumentato (circa 97 studenti per l' A.A. in corso) ed è quindi necessario ampliare l'offerta formativa e aprire nuovi sbocchi professionali; (ii) la consultazione delle parti sociali effettuata il 7 febbraio 2019 ha fornito suggerimenti molto importanti sull'evoluzione del mondo del lavoro e sulla necessità di aggiornare conseguentemente l'offerta formativa.

L'offerta formativa è stata di conseguenza revisionata incrementando il numero di curricula ed aumentando la flessibilità del percorso di studi attraverso l'introduzione di esami alternativi in alcuni curricula. In dettaglio, il percorso di formazione dello studente del CdS è articolato in un insieme di insegnamenti, che costituiscono il c.d. "Tronco Comune" (TC), e in quattro curricula.

Il **Tronco comune** comprende i corsi obbligatori che hanno un duplice obiettivo formativo: da un lato servono a completare la formazione di base dello studente, facendogli acquisire quelle competenze e conoscenze relative a metodi e strumenti propri dell'ingegneria industriale e dell'informazione, utili per la progettazione e la gestione di tecnologie centrate sulla persona; dall'altro mirano a far acquisire le capacità e le abilità, di tipo progettuale, linguistico e di valutazione critica, richieste ad un ingegnere biomedico.

I **quattro curricula** sono stati progettati per consentire allo studente di scegliere l'ambito dell'Ingegneria Biomedica verso il quale orientare la propria formazione. La scelta riguarda un curriculum rivolto alle tecnologie dell'informazione, uno di carattere industriale centrato sulla robotica, l'automazione e l'ergonomia, uno incentrato sull'ingegneria clinica, e un curriculum rivolto alle tecnologie avanzate su scala micro e nanometrica.

A loro volta, i quattro curricula sono orientati, all'interno del proprio ambito, verso aree ben connotate e di rilevante interesse per il mondo del lavoro. Nel dettaglio:

- Il **curriculum A - Sistemi di eHealth** è rivolto alle tecnologie dell'informazione e fornisce allo studente conoscenze e competenze per lo sviluppo e la gestione di prodotti e servizi biomedicali che beneficiano delle moderne tecnologie di calcolo e comunicazione.
- Il **curriculum B - Biorobotica e Ergonomia**, fornisce allo studente conoscenze e competenze per: (i) lo sviluppo di macchine avanzate, tipicamente meccatroniche e robotiche, pensate per un'interazione sinergica con i sistemi biologici e, in particolare, con l'uomo; (ii) lo studio, l'osservazione e la comprensione della biomeccanica del movimento umano e dei meccanismi di interazione uomo-macchina; (iii) la progettazione ergonomica del lavoro e lo sviluppo della fabbrica intelligente; (iv) la valutazione e la gestione del rischio e la sicurezza sul lavoro.

- Il **curriculum C - Ingegneria Clinica** approfondisce gli aspetti salienti relativi alla gestione, alla manutenzione e al collaudo delle apparecchiature e dei sistemi tecnologici rilevanti in strutture sanitarie.
- Il **curriculum D - Nanotecnologie e Sistemi Bioartificiali** è rivolto alle tecnologie molto avanzate su scala micro e nanometrica e fornisce allo studente conoscenze e competenze per: (i) analizzare le proprietà dei materiali alla micro e nanoscala e le loro potenziali applicazioni; (ii) progettare microtecnologie e processi di microfabbricazione; (iii) modellare strutture biologiche e studiare soluzioni di interfacciamento tra naturale e artificiale.

Nell'ambito dei curricula di "Biorobotica e Ergonomia" e di "Ingegneria Clinica" è offerta agli studenti la possibilità di personalizzare il loro percorso di studi scegliendo 2 insegnamenti curriculari all'interno di un insieme di 3 insegnamenti utili.

Infine, completano il percorso formativo ulteriori due corsi, per un totale di 12 CFU, lasciati a scelta dello studente, per consentirgli di adattare meglio il percorso formativo alle proprie inclinazioni e aspirazioni. Il servizio di tutorato professionalizzate, su richiesta dello studente, può aiutarlo nella scelta di questi insegnamenti.

Tra gli insegnamenti fondamentali sono previsti moduli di Scienze Umane, che forniscono i principi e i criteri necessari a svolgere correttamente le attività finalizzate al miglioramento della qualità della vita della persona.

La stretta collaborazione della Facoltà Dipartimentale di Ingegneria con la Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia dell'Ateneo e la presenza di un Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria, che sorge accanto al Policlinico Universitario, assicurano agli studenti di Ingegneria Biomedica condizioni ideali per attività di studio, di approfondimento e di ricerca con spiccate caratteristiche interdisciplinari.

I percorsi formativi dei curricula sono stati costruiti anche grazie alla collaborazione delle aziende del Comitato Università-Impresa e di altre industrie del settore, al fine di favorire l'acquisizione di competenze adeguate alle necessità del mondo produttivo. Il forte coinvolgimento del mondo industriale si è tradotto nella definizione di obiettivi e percorsi formativi integrati, e nella possibilità per gli studenti di effettuare periodi di tirocinio e lavori di tesi presso aziende ed enti di ricerca pubblici e privati, nazionali e internazionali, che collaborano con l'Ateneo.

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo formativo specifico della Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica è quello di formare un professionista in grado di inserirsi in realtà produttive molto differenziate e in rapida evoluzione, quali quelle del comparto biomedicale, per ricoprire vari ruoli nel progetto e nella gestione di dispositivi e sistemi complessi, tipicamente integranti tecnologie meccaniche, e/o elettroniche e/o informatiche, nella promozione e nella gestione dell'innovazione tecnologica, nel coordinamento di gruppi di lavoro e varie responsabilità in ambito tecnico e produttivo a tutti i livelli tecnici e gestionali, in grado di svolgere altresì attività di ricerca avanzata di base e applicata volta alla soluzione di problemi complessi e interdisciplinari, indispensabile per una vera innovazione tecnologica in campo biomedico.

Oltre agli ambiti specifici dell'Ingegneria Biomedica, le sue competenze coprono anche altri ambiti dell'Ingegneria con particolare riferimento ad alcuni altri settori dell'Ingegneria Industriale, quali l'ingegneria Meccanica, Chimica e dell'Automazione, e ad alcuni settori dell'Ingegneria dell'Informazione, quali l'ingegneria Elettronica e Informatica, nonché ai settori della Fisica Tecnica e della Scienza e della Tecnologia a carattere interdisciplinare nei riguardi sia dell'Ingegneria che della Biologia.

## OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NELL'A.A. 2019/2020

INSEGNAMENTI COMUNI A TUTTI GLI STUDENTI I ANNO - a.a. 2019/2020									
SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
	18	Meccatronica per i Sistemi Biomedicali							
ING-IND/34			Meccatronica per i Sistemi Biomedicali (Mod.A)	lezione	italiano	9	72	2019/2020	I
ING-IND/34			Meccatronica per i Sistemi Biomedicali (Mod. B)	lezione	italiano	9	72	2019/2020	II
ING-IND/34	15	Robotica Industriale e Medica	Robotica Industriale e Medica	lezione	italiano	15	120	2019-2020	annuale
	9	Misure e Strumentazione per la diagnostica Clinica (c.i.)							
ING-IND/12			Misure e Strumentazione Biomedica	lezione	italiano	6	48	2019/2020	I
MED/43			Etica Biomedica	lezione	italiano	3	24	2019-2020	I
ING-INF/05	6	Elaborazione dei Segnali Digitali e delle Immagini	Elaborazione dei Segnali Digitali e delle Immagini	lezione	italiano	6	48	2019-202	I

INSEGNAMENTI COMUNI A TUTTI GLI STUDENTI II ANNO - a.a. 2020/2021									
SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-IND/34	6	Bioingegneria della Riabilitazione	Bioingegneria della Riabilitazione	lezione	italiano	6	48	2020/2021	I
FIS/02	9	Dinamica dei Sistemi Complessi	Dinamica dei Sistemi Complessi	lezione	italiano	9	72	2020/2021	I
ING-IND/34	6	Biodesign	Biodesign	lezione	italiano	6	48	2020/2021	I
L-LIN/12	3	Lingua Inglese	Lingua Inglese	lezione	italiano	3	24	2020/2021	I
	12	Prova finale			italiano	12			

CURRICULUM A - SISTEMI DI EHEALTH									
SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-INF/04	6	Automatic Control	Automatic Control	lezione	inglese	6	48	2019/2020	II
ING-INF/05	6	Informatica per Sistemi Embedded	Informatica per Sistemi Embedded	lezione	italiano	6	48	2020/2021	I
ING-INF/01	6	Elettronica e Sensori per Applicazioni Biomediche	Elettronica e Sensori per Applicazioni Biomediche	lezione	italiano	6	48	2020/2021	I
INF-INF/05	6	IoT System Design	IoT System Design	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II

**CURRICULUM B - BIOROBOTICA E ERGONOMIA**

(lo studente deve frequentare in totale 4 insegnamenti curriculari, gli insegnamenti contrassegnati da \* sono tra loro alternativi)

SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-IND/34	6	Principi di Progettazione Ergonomica	Principi di Progettazione Ergonomica	lezione	italiano	6	48	2019/2020	II
ING-INF/04	6	Automazione e Sicurezza di Ambienti di Lavoro	Automazione e Sicurezza di Ambienti di Lavoro	lezione	italiano	6	48	2020/2021	I
ING-IND/34	6	Bionic System and Neuroengineering *	Bionic System and Neuroengineering	lezione	inglese	6	48	2020/2021	II
ING-IND/34	6	Biorobotics *	Biorobotics	lezione	inglese	6	48	2020/2021	II
ING-IND/34	6	Bioingegneria e biomeccanica del movimento umano *	Bioingegneria e biomeccanica del movimento umano	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II

**CURRICULUM C - INGEGNERIA CLINICA**

(lo studente deve frequentare in totale 4 insegnamenti curriculari, gli insegnamenti contrassegnati da \* sono tra loro alternativi)

SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-IND/12	6	Strumentazione Diagnostica per Immagini	Strumentazione Diagnostica per Immagini	lezione	italiano	6	48	2019-/2020	II
ING-IND/12	6	Collaudi e Verifiche Funzionali di Apparecchiature Elettromedicali	Collaudi e Verifiche Funzionali di Apparecchiature Elettromedicali	lezione	inglese	6	48	2020/2021	I
	6	Impianti Ospedalieri *							
ING-IND/10			Impianti Ospedalieri (Mod. A)	lezione	italiano	3	24	2020/2021	I
ING-IND/33			Impianti Ospedalieri (Mod. B)	lezione	italiano	3	24	2020/2021	I
ING-INF/06	6	Telematic Applications *	Telematic Applications	lezione	inglese	6	48	2020/2021	I
ING-INF/05	6	Strumentazione diagnostica di medicina nucleare*	Strumentazione diagnostica di medicina nucleare	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II

**CURRICULUM D - NANOTECNOLOGIE E SISTEMI BIOARTIFICIALI**

SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-IND/34	6	Bionanotecnologie	Bionanotecnologie	lezione	italiano	6	48	2019/2020	II
ICAR/08	6	Mechanics of biological systems	Mechanics of biological systems	lezione	inglese	6	48	2020/2021	I
ING-IND/34	6	Bionic Systems and Neuroengineering	Bionic Systems and Neuroengineering	lezione	inglese	6	48	2020/2021	II
ING-IND/34	6	Biomicrosistemi	Biomicrosistemi	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II

INSEGNAMENTI A SCELTA DELLO STUDENTE (per un totale di 12 CFU al II anno)									
SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-IND/35	6	Entrepreneurship & Start Up Management	Entrepreneurship & Start Up Management	lezione	inglese	6	48	2020/2021	II
ING-IND/34		Biomedical Research and Innovation Management and Assessment	Biomedical Research and Innovation Management and Assessment	lezione	inglese	6	48	2020/2021	II
	6	Impianti Ospedalieri Speciali							
ING-IND/10			Impianti Ospedalieri Speciali (Mod. A)	lezione	italiano	3	24	2020/2021	II
ING-IND/33			Impianti Ospedalieri Speciali (Mod. B)	lezione	italiano	3	24	2020/2021	II
ING-IND/34	6	Biomateriali per Impianti Protetici	Biomateriali per Impianti Protetici	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II
ING-IND/24	6	Ingegneria Chimica degli Organi Artificiali	Ingegneria Chimica degli Organi Artificiali	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II
ING-INF/05	6	Machine Learning & Big Data Analytics	Machine Learning & Big Data Analytics	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II
ING-IND/34	6	Tissue Engineering	Tissue Engineering	lezione	inglese	6	48	2020/2021	II
	6	Valutazione del rischio ed elementi di diritto							
ING-IND/33			Valutazione del Rischio (Mod. A)	lezione	italiano	2	16	2020/2021	II
ING-IND/33			Valutazione del Rischio (Mod. B)	lezione	italiano	2	16	2020/2021	II
IUS/07			Elementi di Diritto	lezione	italiano	2	16	2020/2021	II
ING-INF/04	6	Cyber Security per Operational Technolgies	Cyber Security per Operational Technologies	lezione	italiano	6	48	2020/2021	II
	6	Insegnamento curriculare (di curriculum diverso da quello optato dallo studente)		lezione	italiano	6	48	2020/2021	I o II

N.B. L'offerta formativa sopra riportata è rivolta agli studenti che si immatricolano nell'a.a. 2019/2020. Per gli studenti scritti ad anni successivi al primo, l'offerta formativa è consultabile sul sito internet dell'Ateneo all'indirizzo:

<https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-biomedica/piano-di-studi>

## CALENDARIO ACCADEMICO

Le attività formative annuali sono distribuite in due periodi di lezioni (semestri) secondo il calendario di seguito riportato.

Alla fine di ciascun semestre è prevista una sessione di esami.

Durante i periodi di lezione gli studenti in corso non potranno sostenere esami.

Sono previste inoltre due sessioni straordinarie di esami nei mesi di ottobre-novembre e marzo, riservate esclusivamente

agli studenti iscritti fuori corso e/o laureandi che abbiano maturato tutte le frequenze dell'ultimo anno.

Semestre	PERIODI DI LEZIONE	ESAMI	VACANZE
I semestre	<p><b>Didattica frontale</b> dal 4 novembre 2019 al 17 gennaio 2020 (solo per 1°anno)</p> <p>dal 30 settembre 2019 al 20 dicembre 2019 (per il II anno)</p>	<p><b>1° sessione ordinaria</b> dal giorno 8 gennaio 2020 al 6 marzo 2020</p>	<p><b>* Vacanze di Natale</b> dal 23 dicembre 2019 al 7 gennaio 2020</p>
II semestre	<p><b>Didattica frontale</b> dal 2 marzo 2020 al 29 maggio 2020</p>	<p><b>2° sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2020 al 31 luglio 2020</p> <p><b>3° sessione ordinaria</b> dal 1° settembre 2020 al 2 ottobre 2020</p>	<p><b>* Vacanze di Pasqua</b> dal 9 aprile 2020 al 14 aprile 2020</p>

Tutte le date di inizio e fine sono da considerarsi incluse nel periodo di sospensione delle attività.

Per l'A.A. 2019-2020 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1° Novembre 2019

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2019

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2020

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2020

Festa del lavoro: 1° maggio 2020

Festa della Repubblica: 02 giugno 2020

Festa di San Josemaria Escrivà de Balaguer: 26 Giugno 2020

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2020

## **SESSIONI DI LAUREA**

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

<b>Sessione estiva:</b>	dal 1° al 31 luglio 2020
<b>Sessione autunnale</b>	dal 1° ottobre 2020 al 30 novembre 2020
<b>Sessione invernale</b>	dal 1° al 18 dicembre 2020
<b>Sessione straordinaria:</b>	dal giorno 8 febbraio 2021 al 14 maggio 2021

## PIANO DI STUDI

Il Piano di studi è l'elenco di tutti gli insegnamenti o attività formative che lo studente intende seguire nel suo percorso di studi e per i quali deve superare i relativi esami per essere ammesso all'esame finale di laurea.

Le attività formative inserite nel piano di studi sono le seguenti: insegnamenti obbligatori, insegnamenti facenti parte di un curriculum, insegnamenti a scelta, prove di idoneità, prova finale di laurea.

Puoi visionare tutte le attività che dovrai svolgere, consultando l'offerta formativa per il CdS dell'a.a. in cui ti sei immatricolato (per gli studenti attualmente al primo anno, l'offerta 2019/2020; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2018/2019, etc).

Le offerte formative sono disponibili sul sito web d'ateneo al seguente link:

<https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-biomedica/piano-di-studi>

### COME COMPILARLO

La compilazione del Piano di Studi deve essere effettuata attraverso l'apposita procedura *on-line*, accedendo al sistema ESSE 3 con le medesime credenziali (*nome utente e password*) fornite dalla Segreteria Studenti per la prenotazione agli esami sulla piattaforma di ESSE 3.

### QUANDO DEVI COMPILARLO/MODIFICARLO

Se sei uno studente del **PRIMO ANNO** (*immatricolato nell'a.a. 2019/2020*) devi effettuare la prima compilazione del piano di studi nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà: **7 gennaio 2020 – 31 gennaio 2020** (per gli studenti che si laureano nel mese di febbraio 2020, sarà prevista un'ulteriore finestra temporale per la prima compilazione del piano di studi, definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà: **9 marzo 2020 – 20 marzo 2020**).

In prossimità della finestra temporale di compilazione, saranno rese disponibili sulla piattaforma E-learning, le *"istruzioni per la compilazione on-line del Piano di Studi"*.

Si precisa che al di fuori del periodo sopra indicato, le domande non verranno accolte. Lo studente è tenuto a verificare sempre le predette scadenze.

Coloro che hanno già presentato un Piano di Studi che sia stato approvato e non intendono apportarvi modifiche, non sono tenuti a ripresentare il Piano di Studi negli anni successivi.

### CHI APPROVA IL PIANO DI STUDI

Il Piano di Studi è sottoposto alla Giunta della Facoltà Dipartimentale che si esprime sull'organicità del curriculum proposto e, quindi, sull'accettabilità del piano di studi stesso.

### COSA PUOI FARE SE TI ACCORGI DI VOLER CAMBIARE QUALCOSA

Non è consentito apportare modifiche al piano di studi dopo la sua approvazione. Tuttavia, alla fine del primo anno, fine secondo semestre, nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà (**22 giugno 2020 – 22 luglio 2020**), potrai effettuare delle modifiche che saranno valide a partire dall'anno accademico successivo. Ai fini della prenotazione alle prove di esame, devi fare riferimento all'ultimo piano di studi presentato e APPROVATO.

## **A CHI PUOI RIVOLGERTI PER ORIENTARTI SULLA TUA SCELTA**

Il Corso di Studi pianifica nel mese di **dicembre** un incontro di orientamento e presentazione del piano di studi rivolto a tutti gli studenti del I anno.

La Facoltà ti offre inoltre la possibilità di essere affiancato da un tutor personale che ti aiuterà nell'orientamento per la scelta e la compilazione del piano degli studi.

## ESAME DI LAUREA MAGISTRALE

Per il conseguimento del Diploma di Laurea Magistrale è prevista una prova finale pari a 12 CFU strutturata come un'attività progettuale o sperimentale sotto la guida di un relatore interno all'Ateneo, eventualmente con uno o più co-relatori interni o esterni all'Ateneo, che si conclude con la redazione di un elaborato, che può essere redatto anche in lingua inglese.

La prova finale è finalizzata a dimostrare la padronanza degli argomenti affrontati, la capacità di operare in modo autonomo e una buona capacità di comunicazione.

D'accordo con il relatore, l'attività relativa alla prova finale può essere svolta presso i laboratori dell'Ateneo, presso istituzioni o enti esterni, o in modo autonomo da parte del candidato nel caso in cui la natura dell'attività lo consenta.

Qualora l'attività venga svolta presso istituzioni o enti esterni occorre ottenere previamente il nulla osta degli organi responsabili del CdS e formalizzare il rapporto tra l'istituzione o l'ente ospitante e l'Ateneo sulla base di un programma formativo concordato tra le parti.

L'elaborato finale, redatto in lingua italiana o inglese, deve essere approvato dal relatore e successivamente discusso di fronte a una Commissione di docenti la cui composizione è stabilita dal Regolamento Didattico di Ateneo.

Al termine della discussione la Commissione attribuisce un punteggio al laureando in cento decimi, tenendo conto della media pesata degli esami sostenuti, della qualità tecnica dell'elaborato e dello svolgimento della presentazione orale da parte del candidato e della conseguente discussione.

### Determinazione del voto di laurea

I punteggi minimi per l'accesso alla lode o per la valutazione dell'eventuale attribuzione della menzione alla carriera sono i seguenti:

- Per il conseguimento della lode la votazione finale del candidato deve essere pari o superiore a 113/110;
- Per l'eventuale attribuzione della menzione alla carriera I) la media dei voti conseguiti dal candidato, normalizzata su 110, deve essere pari o superiore a 107/110; II) la valutazione della tesi deve ricevere il punteggio massimo previsto.

Ogni candidato, unitamente alla tesi in formato esteso, redige un documento riassuntivo della stessa (*abstract*), di massimo cinque pagine, a disposizione della Commissione di Laurea. Tale abstract dovrà essere conforme a un *template*, (s.v. *Consiglio di Facoltà n.7 del 10/04/19*) disponibile *on-line* sulla piattaforma E-learning nella sezione relativa alla Segreteria del CdS di riferimento.

La valutazione della tesi pesa sul voto finale di laurea per un massimo di 10 punti (con la possibilità di attribuire frazioni di mezzo punto) così ripartiti:

- VALUTAZIONE DEL DOCENTE RELATORE. Da 0 a 7 punti determinati dalla somma dei punteggi attribuiti alle voci di giudizio *Approccio metodologico* (0-2 punti), *Autonomia e impegno* (0-3 punti), *Qualità dell'elaborato* (0-2 punti);
- VALUTAZIONE DELLA COMMISSIONE DI LAUREA. Da 0 a 3 punti in considerazione della *qualità dei contenuti della tesi* e della *chiarezza espositiva del candidato*.

Sul voto finale, determinato come sopra, si applica un arrotondamento per difetto quando l'ultima cifra decimale è minore o uguale a 5 e un arrotondamento per eccesso quando l'ultima cifra decimale è superiore a 5.

## ADEMPIMENTI PER ACCEDERE ALL'ESAME DI LAUREA MAGISTRALE

Lo studente può accedere all'esame di Laurea solo se ha già acquisito i CFU previsti dal Manifesto degli Studi e dalla normativa vigente.

Per essere ammesso alla sessione di laurea, come previsto dal regolamento, è **condizione irrinunciabile** la presentazione della seguente documentazione:

- **almeno 3 mesi prima** dell'inizio del periodo indicato per la seduta dell'esame di Laurea Magistrale a cui lo studente intende partecipare, presentare al Rettore e al Preside domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tali domande devono essere presentate su appositi moduli predisposti, rispettivamente, dalla Segreteria Studenti e dalla Segreteria Didattica della Facoltà di Ingegneria e disponibili *on-line*. Le domande devono essere sottoscritte anche dal docente di riferimento della Facoltà che guiderà lo studente nella preparazione dell'elaborato.
- **almeno 20 giorni** prima dalla data di Laurea Magistrale, procedere all'iscrizione online alla sessione di laurea e all'inserimento dei dati dell'elaborato finale. Il titolo dell'elaborato non potrà più essere modificato.
- **almeno 10 giorni** prima dalla data di Laurea Magistrale consegnare una copia della tesi in formato PDF alla biblioteca, alla segreteria studenti e alla segreteria didattica.

All'approssimarsi della seduta di Laurea Magistrale, la Segreteria Studenti, con congruo preavviso, procederà alla pubblicazione delle date precise per gli adempimenti sopra menzionati e della documentazione necessaria.

## LABORATORI DIDATTICI

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica utilizza i Laboratori multimediali e il Laboratorio di Chimica.

### LABORATORI INFORMATICI

Indirizzo: Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria (PRABB), piano 0 in via Alvaro del Portillo 21, Roma.

Struttura Responsabile: Area Servizi Informatici

Laboratorio	Attrezzatura	N. postazioni	Personale tecnico e orari
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 50 PC Lenovo ThinkCentre M710 Tiny Intel Core i7-7400T Processor 16GB DDR4 2400 SODIMM 256 GB Solid State Drive M.2 NVMe;</li> <li>– Windows 10 Professional;</li> <li>– 2 lavagne;</li> <li>– 1 proiettore;</li> <li>– 1 Lavagna Multimediale.</li> </ul>	50 + 1 postazione docente	1 tecnico (Il lab. A segue gli orari delle attività didattiche; il lab. B dalle 9.00 alle 19.30)
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 18 Lenovo ThinkCentre M710 Tiny Intel Core i7-7400T Processor 8 GB DDR4 2400 SODIMM 256 GB Solid State Drive M.2 NVMe</li> <li>– Windows 10 Professional;</li> <li>– 2 Multifunzioni Canon collegate in rete su tutte le postazioni in aula;</li> <li>– 2 lavagne;</li> <li>– 1 proiettore.</li> </ul>	18 + 1 postazione docente + 5 postazioni per l'utilizzo dei portatili personali	

Le postazioni del Laboratorio A sono dedicate allo svolgimento di attività didattiche, lezioni che necessitano di strutture informatiche.

Le postazioni del Laboratorio B sono disponibili per elaborazione dati da parte di studenti laureandi, dottorandi e ricercatori.

### Il servizio di stampa (Laboratorio B):

Gli studenti hanno a disposizione in totale 4 Multifunzione Canon imageRUNNER ADVANCE C5550i, 2 in biblioteca e 2 in laboratorio multimediale.

Tutte le multifunzione Canon imageRUNNER ADVANCE C5550i permettono la stampa, scansione e copia. L'università fornisce allo studente tutto l'occorrente per stampare, fotocopiare e scansionare, inclusa la carta. All'inizio dell'anno accademico ogni studente riceve dall'Università un accredito pari a 20 euro per i servizi di stampa. Successivamente lo studente può ricaricare la carta, tramite il badge personale, presso la Biblioteca.

È possibile, inoltre, tramite il servizio di mobiprint, stampare da qualsiasi dispositivo multimediale (smartphone, tablet, pc portatile, ecc.), inviando una e-mail, con il file allegato che si desidera stampare.

## LABORATORIO DI CHIMICA

Indirizzo Laboratorio di Chimica:

Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria (PRABB), in via Alvaro del Portillo 21, Roma.

Laboratorio	Descrizione attrezzature	N. postazioni
Laboratorio di Chimica	<p>2 cappe chimiche monoposto indipendenti, 1 cappa biologica a flusso laminare di classe II, 1 armadio aspirato per lo stoccaggio di reagenti chimici pericolosi e 4 refrigeratori a diverse temperature (+4°C e -20°C) per lo stoccaggio di campioni e/o reagenti chimici.</p> <p>Le esercitazioni pratiche sono possibili grazie alla presenza di vetreria a precisione variabile e di un cospicuo numero di strumentazioni che consentono di eseguire analisi qualitative e quantitative su un'ampia gamma di tipologie di campioni che spaziano dagli alimenti, ai fluidi biologici fino ai metalli.</p> <p>Le apparecchiature scientifiche presenti sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– spettrofotometro UV-VIS a doppio raggio (Shimadzu);</li> <li>– spettrofotometro UV-VIS a monoraggio (Eppendorf);</li> <li>– strumento per la Cromatografia ad Alta Pressione (High Performance Liquid Chromatography – HPLC, Shimadzu);</li> <li>– gascromatografo (GC, Shimadzu);</li> <li>– apparato per la cromatografia su strato sottile (TLC); potenziostato (Bio-Logic);</li> <li>– reometro (Anton Paar);</li> <li>– titolatore automatico (Mettler Toledo); rifrattometro;</li> <li>– polarimetro;</li> <li>– ebullimetro;</li> <li>– bilance tecniche ed analitiche; agitatori magnetici;</li> <li>– vortex;</li> <li>– centrifughe;</li> <li>– termociclatore per reazioni di amplificazione a catena – PCR; apparati di elettroforesi verticale ed orizzontale (Bio-Rad);</li> <li>– transilluminatore-UV;</li> <li>– incubatore cellulare (KW);</li> <li>– bagnetto termostato (KW);</li> <li>– microscopio ottico invertito (Nikon).</li> </ul> <p>Il Laboratorio è dotato, altresì, di un videoproiettore che consente la discussione dei protocolli da applicare per le esercitazioni e dei risultati ottenuti.</p>	Dalle 15 alle 18 postazioni di lavoro, per un massimo di 45 studenti

## SCHEDE DEGLI INSEGNAMENTI (in ordine alfabetico)

*Le schede di seguito riportate si riferiscono ad insegnamenti erogati nell'a.a.19/20 (rivolti a studenti del I e II anno)*

### AUTOMATIC CONTROL

**Docente** Gabriele Oliva (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

#### Obiettivi

Il corso mira a fornire le seguenti competenze.

*Conoscenza e capacità di comprensione:*

Strumenti metodologici per la progettazione di algoritmi di controllo moderno e multi-variabile. Strumenti metodologici per il controllo mediante sistemi basati su regole fuzzy, al fine di gestire ambiguità e di realizzare controllori che incorporino la conoscenza di esperti umani.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate:*

Capacità pratica di progettazione di algoritmi di controllo, tenendo conto delle problematiche implementative legate all'uso di calcolatore o microcontrollore e fornendo strumenti per la ricostruzione dello stato a partire da informazioni limitate ed incerte. Capacità pratica di implementazione di algoritmi di controllo fuzzy.

*Autonomia di giudizio:*

Capacità di giudicare la strategia più adatta tra quelle presentate a lezione per risolvere problemi complessi quali l'analisi e il controllo di sistemi dinamici.

*Abilità comunicative:*

Capacità di comunicare e relazionarsi con il docente ed i colleghi con riferimento ad una tematica complessa quale la teoria del controllo. Capacità di formulare domande e di fornire risposte in lingua inglese.

*Capacità di apprendere:*

Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio finalizzata a rendere produttiva la frequenza dello stesso a lezioni ed esercitazioni. Questo verrà ottenuto dai docenti attraverso la partecipazione e il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni, dovendo questi cimentarsi durante il corso nella risoluzione di problemi con difficoltà crescente.

#### Prerequisiti

Elementi basilari di Teoria del Controllo (Fondamenti di Automatica)

#### Contenuti

Il corso è impartito esclusivamente in lingua inglese ed è articolato in 4 unità concettuali, riportate di seguito.

1) Elementi di controllo digitale

Sistemi di equazioni alle differenze lineari a coefficienti costanti. Schemi di controllo ibrido.

Campionamento e ricostruzione.

Aliasing e scelta del tempo di campionamento.

Cenni sulla Z trasformata.

Progettazione di controllori tempo-discreto.

Implementazione di algoritmi di controllo digitale mediante calcolatore e/o microcontrollore.

## 2) Il controllo nello spazio di stato

Sistemi di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Rappresentazione ed analisi dei sistemi mediante spazio di stato.

Il controllo tramite reazione dallo stato.

Controllabilità.

Assegnazione della dinamica con reazione statica dallo stato.

Tecniche di controllo ottimo: problemi di ottimo, principio del massimo (Pontryagin), controllo ottimo lineare quadratico, l'equazione di Riccati. Implementazione di algoritmi di controllo con reazione dallo stato tramite calcolatore e/o microcontrollore.

## 3) Filtraggio e ricostruzione dello stato

Retroazione dinamica dall'uscita.

Osservabilità.

Ricostruzione dello stato tramite osservatore di Luenberger. Problemi di Filtraggio e Ricostruzione dello stato.

Filtro di Kalman.

Filtro di Kalman Esteso.

Schemi di controllo con reazione dinamica dall'uscita tramite osservatore. Implementazione di algoritmi di stima e di controllo tramite calcolatore e/o microcontrollore.

## 4) Controllo fuzzy

Introduzione alle tecniche di soft-computing ed applicazione al controllo. Elementi di Logica fuzzy.

Sistemi Esperti Fuzzy: Motori inferenziali, regole, Sistemi Mamdani e Takagi- Sugeno-Kang.

Controllori Fuzzy: l'anello di controllo e i sistemi fuzzy, metodi di fuzzyficazione e di defuzzyficazione.

Implementazione di algoritmi di controllo fuzzy mediante calcolatore e/o micro- controllore.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali (60%).

Esercitazioni alla lavagna, con il calcolatore e con microcontrollori Intel Galileo Gen 2, Arduino o simili (40%).

## Verifica dell'apprendimento

Le capacità di progettazione sono valutate mediante lo sviluppo di un progetto da svolgere in piccoli gruppi (2-4 studenti). Il progetto riguarda l'implementazione di algoritmi di controllo in Matlab e/o su microcontrollore (Intel Galileo Gen 2, Arduino o simili). Tale progetto può essere assegnato direttamente dal docente, ma gli studenti sono invitati a proporre un progetto originale al docente, il quale si riserva di effettuare una verifica di fattibilità e congruità dello stesso. La comprensione degli argomenti trattati nel corso è valutata mediante una presentazione che illustri il progetto ed un colloquio orale. Il colloquio orale si struttura in due-tre domande teoriche (es., dimostrazioni o presentazione di schemi di controllo) o pratiche (es. esercizi).

## Testi

Dispense del docente

- Thomas Kailath, Linear Systems, Prentice-Hall, 1980.
- Bonivento Melchiorri Zanasi, Sistemi di controllo digitale, Progetto Leonardo, 1995

### **Bibliografia aggiuntiva:**

- Passino, Kevin M., Stephen Yurkovich, and Michael Reinfrank. Fuzzy control. Vol. 42. Menlo Park, CA: Addison-wesley, 1998.
- Franklin, Powell, Workman, Digital Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, 1998.
- R. Setola, Tecniche di controllo a reazione di stato, dispense, 1997.
- G. Marro, Controlli Automatici, Zanichelli, 2004.
- Luenberger, Introduction to Dynamic Systems, John Weley & Sons, 1979. Bolzern, Scattolini, Schiavoni, Fondamenti di controlli automatici, McGraww- Hill, 2004.
- Aderson, Moore, Optimal Control – Linear Quadratic Methods, Prentice-Hall, 1989.
- Cavallo, Setola, Vasca, Guida operativa a Matlab Simulink e Control Toolbox, 1995.
- Michael Margolis e B. Sansone, Arduino. Progetti e soluzioni, O'reilly, 2013.

## **BIODESIGN**

**Docenti** Fabrizio Taffoni (Tit.); Adam James Martin

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

Il corso di Biodesign affronta la progettazione di dispositivi specificatamente destinati ad interagire e collaborare con gli esseri umani. Il corso consentirà agli studenti di mettere in pratica quanto appreso teoricamente nel primo anno del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica: selezione e dimensionamento di componentistica elettronica, programmazione embedded, design di particolari meccanici per lo sviluppo di prototipi.

Alla fine del corso gli studenti avranno sviluppato le seguenti competenze:

1. Conoscenza e capacità di comprensione:
  - a. apprenderanno come derivare specifiche funzionali e tecniche a partire da un problema espresso in termini generici;
  - b. apprenderanno come organizzare il lavoro in task elementari secondo i principi della concurrent engineering.
2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate:
  - a. Apprenderanno a progettare rispettando vincoli di budget e di tempo;
  - b. Svilupperanno capacità di assemblaggio e test dei prototipi realizzati.
3. Autonomia di giudizio:
  - a. Selezioneranno in maniera autonoma le soluzioni progettuali che garantiscano al contempo semplicità e economicità.
4. Abilità comunicative:
  - a. produrranno documentazione tecnica in inglese a supporto dell'attività progettuale svolta;
  - b. produrranno presentazioni in inglese.
5. Capacità di apprendere:
  - a. per risolvere il problema progettuale proposto gli studenti dovranno selezionare componenti meccanici ed elettronici che dovranno studiare in autonomia.

## Prerequisiti

Elettronica analogica e digitale (livello elementare)

Macchine e meccanica applicate alle macchine Linguaggio di programmazione C

Livello minimo di Inglese B1

## Contenuti

Il corso sarà organizzato in 3 moduli di carattere tecnico ed un modulo linguistico:

- Modulo 1: Introduzione al problema, definizione dei requisiti e delle specifiche del sistema
- Modulo 2: Presentazione degli strumenti di progettazione, progettazione delle sotto-componenti dei sistemi in aula con l'assistenza del docente e dei tutor didattici
- Modulo 3: Sviluppo e test del prototipo con preparazione della relazione finale.
- Modulo Linguistico: Il modulo linguistico è trasversale e di supporto a tutte le altre attività del corso.

## Metodi Didattici

Il corso di Biodesign è un corso pratico di progettazione ispirato al principio del learning by doing.

I ragazzi verranno suddivisi in gruppi

(max 8 persone). Verrà assegnato un problema progettuale descrivendo nel dettaglio le specifiche funzionali e tecniche relative e suggerendo ai gruppi le modalità di lavoro da seguire.

L'attività didattica verrà svolta in aula, in laboratorio didattico e in laboratorio di informatica sotto la supervisione del docente e dei tutori. La didattica sarà così divisa:

- due lezioni a settimana di argomento tecnico
- una lezione a settimana di carattere linguistico

## Verifica dell'apprendimento

Il corso di Biodesign è un corso integrato che prevede la verifica dell'apprendimento per una attività didattica complessiva pari a 9 CFU, di cui 6 legati ad aspetti tecnici di progettazione e 3 legati alle proprietà linguistiche.

Ciascuno studente sarà chiamato a svolgere sia attività individuali che un lavoro di gruppo. L'attività tecnica individuale verrà valutata con una prova pratica di laboratorio alla fine del primo mese di corso. Verrà richiesta la progettazione di una scheda elettronica con ambiente Eagle CadSoft e la selezione della componentistica necessaria al suo assemblaggio dai motori di ricerca tecnici presentati a lezione.

In parallelo, ciascun gruppo lavorerà alla progettazione e allo sviluppo di un prototipo producendo un report progettuale del lavoro svolto.

Il voto finale del corso, espresso in trentesimi, sarà la media pesata delle seguenti voci:

- il lavoro del gruppo (peso 1/3): attraverso la valutazione tecnica delle relazioni presentate
- contributo individuale (peso 1/3): attraverso prova pratica in itinere, ed esame orale finale. L'esame orale finale prevede tre domande con livello di complessità crescente sulle scelte progettuali fatte.
- capacità linguistiche (peso 1/3): attraverso la valutazione del lavoro di gruppo e l'esame orale.

## Testi

Dispense e manuali forniti dal docente.

# BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE

**Docente** Eugenio Guglielmelli (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire allo studente le seguenti conoscenze nell'ambito della Bioingegneria della Riabilitazione

- principali classificazioni, metodi, strumenti e tecnologie per la valutazione delle menomazioni e conseguenti limitazioni nello svolgimento di attività della vita quotidiana e restrizioni nella partecipazione alla vita sociale
- principi base per la modellazione della componente umana in relazione all'interazione uomo-tecnologia per l'uso di ausili tecnologici
- metodi e strumenti per la progettazione biomeccatronica di strumenti tecnologici che la bioingegneria può offrire durante il percorso riabilitativo moderno per il pieno recupero alla vita sociale e lavorativa di un paziente con esiti di patologie potenzialmente invalidanti
- stato dell'arte e casi di studio su tecnologie, sistemi e macchine per la terapia riabilitativa assistita e per l'assistenza alla vita indipendente.

Saranno inoltre fornite allo studente le seguenti Abilità:

- saper utilizzare alcuni strumenti operativi per la modellazione e la valutazione delle prestazioni umane
- saper analizzare criticamente e comprendere il funzionamento e il rationale del progetto di strumenti tecnologici avanzati per l'assistenza alla persona durante le principali fasi del percorso riabilitativo, quali: la valutazione delle prestazioni funzionali, la terapia clinica per il recupero funzionale e la terapia occupazionale per il reinserimento sociale e lavorativo

*Autonomia di giudizio:* gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esempi applicativi delle tematiche trattate in aula.

*Capacità di apprendere:* lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi nell'ambito della Bioingegneria della Riabilitazione per stimolare l'approfondimento dei temi teorici affrontati a lezione. Durante le esercitazioni saranno trattati esempi per mostrare l'applicazione dei concetti appresi a problemi specifici, tipicamente relativi alla progettazione e realizzazione di sistemi per la valutazione delle prestazioni umane e/o per la terapia riabilitativa assistita.

*Abilità comunicative:* nell'ambito dell'insegnamento particolare attenzione sarà dedicata allo sviluppo delle abilità comunicative con il coinvolgimento attivo degli studenti durante le ore di lezione frontale e di esercitazione.

## Prerequisiti

Nessuno.

Esami consigliati: Meccatronica per i sistemi biomedicali, Robotica Medica ed Industriale

## Contenuti

- Cenni sugli aspetti clinici legati alla riabilitazione ed agli ausili
- Fattori umani per la bioingegneria della riabilitazione e dell'assistenza.
- Introduzione agli ausili e alle tecnologie per l'assistenza personale: definizioni, stato dell'arte.
- Tecnologie per assistenza di persone con disabilità
- Modelli per l'interazione tra ausilio, utente, attività e contesto.
- Interfacce di controllo per tecnologie per l'assistenza personale
- Interfacce per ausili: caratteristiche generali, criteri di selezione dell'interfaccia, rassegna delle tipologie principali.
- Esempi e casi di studio di tecnologie per la terapia riabilitativa assistita, per la mobilità personale, di ausilio alla manipolazione e al controllo ambientale.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali (5 CFU), in cui vengono presentati gli argomenti del corso.

Esercitazioni (1 CFU) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici, anche con sess.

Seminari a cura di esperti del settore.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze apprese durante il corso saranno valutate tramite una prova scritta e, in caso di esito positivo, tramite una prova orale.

La prova scritta sarà composta da una domanda aperta e 9 domande a risposta chiusa su argomenti teorici trattati dal docente durante il corso ed avrà una durata complessiva di 45 minuti. Il punteggio della prova scritta sarà così formulato: 3 punti per ogni risposta corretta, 0 punti per ogni risposta non data e -0,5 punti per ogni risposta errata. L'esame scritto è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. La domanda a risposta aperta sarà valutata sulla base della correttezza, completezza e capacità di sintesi ed assegna un punteggio compreso tra -0.5 e 3.

La prova orale consentirà di variare di  $\pm 3$  punti il voto conseguito nella prova scritta. La prova orale può comprendere oltre ad una domanda su argomenti trattati nel corso, la discussione della prova scritta e la presentazione di approfondimenti a scelta dello studente sugli argomenti del corso.

La lode viene concessa agli studenti che abbiano risposto correttamente a tutte le domande delle prove scritte e orali e che abbiano inoltre fornito una risposta corretta, sintetica ma esaustiva alla prima e unica domanda a risposta aperta della prova scritta.

## Testi (e altri materiali)

- A.M. Cook, S.M. Hussey – Assistive technologies: principles and practices, Elsevier, 2015 (4th edition) cap 1-2-3-6-7.
- A. Cappello, A. Cappozzo, P. E. Prampero – Bioingegneria della postura e del movimento, Pàtron, 2003
- D. Bonaiuti “Le scale di misura in riabilitazione”, Seu editore, 2011. Capitolo: “Le scale di valutazione in riabilitazione.
- R. Cooper, H. Ohnabe, D.A. Hobson (Ed.s), An Introduction to Rehabilitation Engineering, CRC Press, 2007.

Articoli integrativi forniti dal tutor sull'analisi biomeccanica del corpo umano.

Copia delle presentazioni usate nelle lezioni frontali, articoli scientifici e dispense forniti dal docente tramite l'area dedicata al corso sulla piattaformaUCBM di e-Learning.

# BIOMATERIALI PER IMPIANTI PROTESICI

**Docente** Alberto Rainer (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivi formativi

*Conoscenza e capacità di comprensione.* Il corso fornirà gli elementi necessari alla comprensione dei fondamenti teorico-scientifici delle proprietà e delle caratteristiche dei materiali destinati a venire a contatto, e a interagire, con i tessuti dell'organismo ospite.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate.* Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di applicare le conoscenze apprese nella corretta scelta dei materiali per impieghi in campo biomedico

*Autonomia di giudizio.* Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, e acquisiranno le competenze necessarie alla valutazione dei requisiti per l'impiego di biomateriali

*Abilità comunicative.* Gli studenti acquisiranno le abilità necessarie per dialogare con i produttori e gli utilizzatori finali di biomateriali utilizzando un lessico specifico

Capacità di apprendere. al termine del corso, gli studenti saranno in grado di fruire della documentazione tecnica relativa a biomateriali per impiego clinico e ad approfondire le conoscenze fruendo di letteratura scientifica del settore.

## Prerequisiti

Fondamenti di chimica e di scienza dei materiali

## Contenuti

Scienza dei biomateriali: definizione, applicazioni, sviluppi. Biocompatibilità: requisiti dei biomateriali, interazioni biomateriale-cellula, infiammazione, riparazione, processi di integrazione e di fallimento, impianti ed infezione. Proprietà dei materiali: meccaniche, elettriche, ottiche, termiche e di superficie. Biomateriali: metalli, ceramici, polimeri, materiali di origine naturale. Struttura, caratteristiche, processi di fabbricazione, materiali biodegradabili e bioattivi. Tessuti biologici: loro funzione biomeccanica. Dispositivi biomedici: protesi ortopediche, vascolari, valvole cardiache, impianti per la chirurgia plastica e ricostruttiva. Biomimetismo: concetti e applicazioni.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali che introducono gli argomenti del corso, corredate da "case study" per l'applicazione dei contenuti a specifici problemi di progettazione, quali ad esempio le protesi ortopediche, vascolari, valvolari, etc.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica delle competenze acquisite sarà effettuata mediante un esame scritto con 3 domande di teoria a risposta aperta, ciascuna valutata max.10 punti.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi (con eventuale lode, attribuita per risposte particolarmente esaustive) e l'esame sarà superato solo a seguito del conseguimento di un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- Riccardo Pietrabissa. Biomateriali per protesi e organi artificiali. Patron Editore.

Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili sul sito <http://elearning.unicampus.it>

Per ciascun argomento, il docente fornirà un elenco di testi consigliati per eventuale approfondimento da parte dello studente.

# BIOMEDICAL RESEARCH AND INNOVATION MANAGEMENT AND ASSESSMENT

**Docente** Eugenio Guglielmelli (Tit.)

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Fornire allo studente le conoscenze di base riguardanti:

- l'innovazione tecnologica, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- la pianificazione e la gestione dei progetti di ricerca;
- le normative vigenti, le procedure di sperimentazione e certificazione e gli aspetti di sicurezza di una nuova tecnologia in ambito biomedicale.

Tali conoscenze sono propedeutiche ad una introduzione alla disciplina Health Technology Assessment (HTA) i cui metodi e strumenti permettono di analizzare l'impatto delle nuove tecnologie per la salute in termini di implicazioni non solo medico-cliniche, ma anche sociali, organizzative, economiche, etiche e legali di una nuova tecnologia biomedica, attraverso la valutazione di diversi fattori quali l'efficacia, la sicurezza, i costi, ecc.

Le conoscenze acquisite permetteranno allo studente, inoltre, di sviluppare capacità di comprensione di base e applicate delle principali problematiche relative alla gestione dell'innovazione in campo sanitario, all'innovazione continua del parco tecnologico ospedaliero e, più in generale, nell'ambito dei servizi sanitari. Questo consentirà allo studente di maturare un'autonomia di giudizio dei diversi case studies affrontati e, tramite la capacità di apprendimento sviluppata, gli studenti saranno in grado di condurre e esporre, durante apposite esercitazioni, l'analisi di problemi a loro assegnati durante il corso.

## Prerequisiti

Nessun prerequisito oltre a quelli richiesti per l'accesso al corso di Laurea.

## Contenuti

La prima parte del corso è focalizzata:

- sull'apprendimento delle principali definizioni e classificazioni nel campo dell'innovazione tecnologica, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- sull'apprendimento di metodi e strumenti di base per la pianificazione e gestione di programmi di ricerca e innovazione, anche in campo clinico;
- sull'apprendimento delle metodologie che dal prototipo consentono di arrivare al collocamento sul mercato del prodotto e anche al suo utilizzo nella pratica clinica, comprendendo le politiche di protezione della proprietà intellettuale, la regolamentazione vigente, le procedure per l'approvazione della sperimentazione clinica e per la successiva marcatura CE del dispositivo biomedicale, altri aspetti relativi alla tecnologia da

analizzare per aumentare le probabilità di successo sul mercato (ad esempio in termini di dependability, safety/security, integrità, confidenzialità, disponibilità d'uso).

La seconda parte del corso è dedicata allo studio di elementi di economia e gestione sanitaria, ovvero all'identificazione di metodologie per l'analisi economica delle tecnologie, sia dal punto di vista microeconomico (ad esempio costo-beneficio, costo-utilità, costo-efficacia) sia dal punto di vista macroeconomico (ad esempio sistemi di finanziamento e di rimborso delle prestazioni sanitarie, politiche di controllo della spesa sanitaria). A conclusione della seconda parte del corso saranno presentate altresì le dimensioni di analisi da considerare per valutare l'impatto organizzativo relativo all'introduzione di nuove tecnologie nel settore sanitario (ad esempio analisi di mercato, strategie per la gestione e il rinnovo del parco tecnologico).

Infine, nella terza parte del corso sono esaminati casi di studio presentati da: i) enti pubblici con competenze nel campo delle tecnologie biomediche (AGENAS- Agenzia Nazionale per i Servizi Sanitari Regionali, Istituto Superiore di Sanità); ii) aziende, tra le quali, ad esempio, Siemens, Johnsons&Johnsons, abmedica, MASMEC e altre; iii) spin-off UCBM e altre aziende start-up nel settore biomedicale.

La prima parte del corso occuperà il 75% delle ore previste dall'insegnamento mentre il restante 25% sarà impegnato dalle restanti due parti del corso.

Al termine del corso è prevista la possibilità di effettuare stage in azienda e saranno proposte tesi di laurea sperimentali da svolgere in stretta collaborazione con le aziende o presso il Policlinico dell'Università Campus Bio-Medico.

## Metodi didattici

Lezioni frontali (4.5 CFU = 36 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso. Esercitazioni, seminari, anche di esperti del settore, e tutorati (1.5 CFU = 12 ore) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici e casi di studio.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze apprese durante il corso saranno valutate tramite una prova scritta seguita da una prova orale che verrà sostenuta solo in caso di esito positivo della prova scritta (voto minimo: 18/30). La prova orale può comprendere anche la presentazione di progettini svolti durante il tutorato o di approfondimenti a scelta dello studente, e approvati dal docente, sugli argomenti del corso.

La prova scritta sarà composta da una domanda aperta e 9 domande a risposta chiusa su argomenti teorici trattati dal docente durante il corso ed avrà una durata complessiva di 45 minuti. Il punteggio della prova scritta sarà così formulato: 3 punti per ogni risposta corretta, 0 punti per ogni risposta non data e -0,5 punti per ogni risposta errata. L'esame scritto è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. La domanda a risposta aperta sarà valutata sulla base della correttezza, completezza e capacità di sintesi ed assegna un punteggio compreso tra -0.5 e 3.

La prova orale consentirà di variare di  $\pm 3$  punti il voto conseguito nella prova scritta. La prova orale può comprendere oltre ad una domanda su argomenti trattati nel corso, la discussione della prova scritta e la presentazione di approfondimenti a scelta dello studente sugli argomenti del corso. La prova orale conterà in un massimo di tre domande.

La lode viene concessa agli studenti che abbiano risposto correttamente a tutte le domande delle prove scritte e orali e che abbiano inoltre fornito una risposta corretta, sintetica ma esaustiva alla prima e unica domanda a risposta aperta della prova scritta.

## Testi

Testi di riferimento:

Slide, dispense e materiali didattici e dispense fornite dal docente e rese disponibili direttamente sulla piattaforma e-learning UCBM.

Testi di approfondimento:

- Kotler P., Shalowitz J., Sevens R. J., Turchetti G., "Marketing per la Sanità, logiche e strumenti", Mc Graw Hill, 2010.
- Turchetti G., "La Politica degli Acquisti di Beni e Servizi in Ambito Pubblico: le Tendenze in atto nel Settore Sanitario", Franco Angeli, Milano, 2005.
- Turchetti G., "L'Health Technology Assessment. Riflessioni sulla dimensione e sulle implicazioni organizzative", in L. Mantovani (a cura di), "L'Health Technology Assessment. Principi, Concetti, Strumenti Operativi", Il Sole 24ore Libri, Milano, 2011.
- Ricciardi W., La Torre G., "Health Technology Assessment: principi, dimensioni e strumenti", SEED srl, 2010.
- Turchetti G., Labella B., "L'innovazione nelle tecnologie biomediche tra rischio, incertezza, precauzione e gestione", in Comandè, G. (a cura di) "Gli strumenti della precauzione: nuovi rischi, assicurazione e responsabilità", Giuffrè 2006.
- Health Technology Assessment (AA.VV. I quaderni di monitor 4° supplemento al n. 23 – 2009 – ed. Agenas.
- Turchetti G., I. Palla, F. Pierotti, A. Cuschieri, "Economic evaluation of da Vinci-assisted robotic surgery: a systematic review", Surgical Endoscopy, Vol. 26, pp. 598-606, 2012.
- Turchetti G., E. Spadoni, E. Geisler, "Health technology assessment. Evaluation of biomedical innovative technologies", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, May/June, vol. 29, n. 3, pp. 70-76, 2010.
- Turchetti G., B. Labella, S. Bellelli, S. Cannizzo, I. Palla, S. Mazzoleni, S. Petroni, S. Sterzi, E. Guglielmelli, "Innovation in rehabilitation technology: technological opportunities and socio-economic implications", International Journal of Healthcare Technology and Management, Vol. 10. Nos. 4/5, pp. 245-261, 2009.
- Goodman C., "Introduction to health care technology assessment", National Library of Medicine: National Information Center on Health Services Research & Health Care Technology (NICHSR), 1998.
- Velasco Garrido M., Busse R., "Health technology assessment. An introduction to objectives, role of evidence, and structure in Europe", WHO regional office for Europe 2005. European observatory on health system and policies, 2005.
- Kristensen F.B., Sigmund H., Health Technology Assessment Handbook Copenhagen: Danish Centre for Health Technology Assessment, National Board of Health, 2007.
- Battista R.N., Hodge M.J. The development of health care technology assessment. An international perspective. Int J Technol Assess. Health Care, Spring;11(2):287-300, 1995.
- Battista R.N., Expanding the scientific basis of health technology assessment: A research agenda for the next decade. International Journal of Technology Assessment in Health Care, 22, pp. 275-280, 2006.

## BIOMICROSISTEMI

**Docente** Sara Maria Giannitelli (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saranno forniti allo studente gli strumenti essenziali per la conduzione di un processo progettuale orientato allo sviluppo di microsistemi per applicazioni biomediche. In particolare, saranno forniti allo studente gli strumenti teorici (necessari per la sintesi di microsistemi) e tecnologici (per la comprensione degli step fabbricativi).

Autonomia di giudizio: gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, necessarie per la corretta impostazione del processo di progettazione. Questo obiettivo sarà perseguito

tramite la proposizione di semplici esercizi progettuali a esito non chiuso.

Capacità di apprendimento: il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando l'approfondimento personale di argomenti segnalati dal docente, la rivisitazione –in chiave progettuale- di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative: il corso si propone di consentire allo studente di sviluppare le competenze comunicative necessarie per operare in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito suscitando il coinvolgimento proattivo degli studenti anche durante le ore di didattica frontale.

## **Prerequisiti**

Meccatronica per i Sistemi Biomedicali.

## **Contenuti**

La prima parte del corso è dedicata all'apprendimento delle tecniche analitiche di modellazione di sistemi miniaturizzati e allo studio dei fenomeni fisici di maggiore rilevanza in microingegneria. Inoltre, si studieranno le proprietà dei materiali di principale impiego nelle microtecnologie, con particolare riferimento al silicio.

La seconda parte del corso è dedicata allo studio delle principali tecnologie di microfabbricazione.

I contenuti del corso sono dettagliati come segue.

Parte 1: Fondamenti teorici (16 ore)

- analisi dimensionale, fenomeni di scaling e progettazione per similitudine;
- microfluidica;
- elementi di elettrocinetica;
- proprietà dei materiali di maggiore interesse in microingegneria.

Parte 2: Microtecnologie (32 ore)

- litografia;
- processi sottrattivi (wet e dry etching);
- processi additivi (ossidazione, CVD, PVD, ecc.);
- microtecnologie dei polimeri;
- tecnologie di assemblaggio;
- macchine e ambienti di lavoro.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali (16 ore) in cui si illustrano gli argomenti del corso di tipo teorico necessari per lo svolgimento di attività di analisi e sintesi di sistemi micromeccatronici, con particolare riferimento all'ambito della Bioingegneria.

Lezioni frontali (20 ore) in cui si illustrano le principali tecnologie di microfabbricazione, con riferimento a esempi di sistemi biomedicali.

Esercitazioni in aula per esemplificare l'impiego degli strumenti teorici e per individuare i processi tecnologici più idonei per la realizzazione di semplici dispositivi microfabbricati. Loro realizzazione sfruttando le attrezzature disponibili nella Clean Room dell'Ateneo (12 ore).

## **Verifica dell'apprendimento**

L'apprendimento di conoscenze e abilità è verificato tramite una prova orale della durata media di 25 minuti. Il livello di apprendimento delle conoscenze necessarie per l'analisi e la progettazione di sistemi miniaturizzati è verificato ponendo allo studente almeno due domande su argomenti teorici inerenti sistemi o componenti

miniaturizzati. Tipicamente le domande sono concepite in modo che la risposta richieda la trattazione da parte dello studente di più argomenti distinti e affrontati in momenti diversi del corso.

Le abilità di tipo progettuale e le conoscenze della tecnologia sono valutate somministrando un esercizio che richieda l'individuazione di un opportuno processo di microfabbricazione, in grado di produrre un dato dispositivo, tenendo conto dei vincoli imposti dalle tecnologie presentate nel corso.

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. A discrezione della commissione si concede la lode agli studenti che non solo abbiano studiato tutti gli argomenti del corso ma che dimostrino pure una non comune abilità nell'applicare correttamente le conoscenze acquisite per l'analisi e la risoluzione di problemi progettuali differenti da quelli illustrati nel corso. Viceversa, l'esame non viene superato nel caso in cui lo studente non abbia adeguatamente studiato almeno uno degli argomenti fondamentali, segnalati come tali dal docente durante lo svolgimento del corso, ovvero nel caso in cui si palesino importanti lacune nella formazione di base (tipicamente in Fisica o Matematica).

## Testi

Dispense del docente accessibili online sul sito <http://elearning.unicampus.it>.

Bibliografia aggiuntiva:

- M.MADOU, Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, Third Edition/CRC Press/2011.

# BIONANOTECNOLOGIE

**Docente** Alberto Rainer (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione.*

Il corso fornirà gli elementi necessari alla comprensione dei fondamenti teorico-scientifici delle proprietà e delle caratteristiche dei materiali alla nanoscala, con specifico riferimento alle loro applicazioni biomediche.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate.*

A valle del corso, gli studenti avranno acquisito le competenze necessarie per lo sviluppo e l'impiego di sistemi basati sulle biotecnologie per la realizzazione di nanosistemi e nanomateriali. Il corso sarà corredato da esercitazioni di laboratorio, in cui gli studenti saranno chiamati ad applicare le conoscenze acquisite e svilupperanno abilità pratiche nella sintesi e caratterizzazione di nanomateriali.

*Autonomia di giudizio*

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, acquisendo le competenze necessarie alla valutazione dei requisiti in merito all'applicazione di prodotti delle nanotecnologie in ambito biomedico.

*Abilità comunicative.* A valle del corso, gli studenti avranno sviluppato abilità comunicative tali da dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico.

*Capacità di apprendere.* Gli studenti saranno in grado di reperire informazioni fruendo della letteratura scientifica di settore.

## Prerequisiti

Nozioni di chimica e materiali

## Contenuti

Concetti introduttivi alle nanoscienze e ai nanomateriali in ambito biomedico (30h): nanotecnologie basate su DNA; nanomateriali basati su peptidi/polipeptidi/proteine; nanotecnologie basate su virus/cellule; quantum dots; nanoparticelle metalliche; nanomateriali a base carbonio; principi di assemblaggio di materiali biologici.

Applicazioni alla nanomedicina e esercitazioni di laboratorio (10h);

Microscopia elettronica, confocale e a sonda (8h).

## Metodi Didattici

Lezioni frontali che introducono gli argomenti del corso (5 CFU), corredate da esercitazioni di laboratorio (1 CFU).

## Verifica dell'apprendimento

La verifica delle competenze acquisite sarà effettuata mediante un esame scritto con 3 domande di teoria a risposta aperta.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi (con eventuale lode) e l'esame sarà superato solo a seguito del conseguimento di un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

• D.S. Goodsell, BIONANOTECHNOLOGY Lessons from Nature, Wiley.

• D. Vollath, Nanomaterials: an Introduction to Synthesis, Properties, and Applications, Wiley.

Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili sul sito <http://elearning.unicampus.it>

Per ciascun argomento, il docente fornirà un ulteriore elenco di testi consigliati per eventuale approfondimento da parte dello studente.

# BIROBOTICS

**Docente** Eugenio Guglielmelli (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire allo studente le seguenti conoscenze e abilità nell'ambito della Biorobotica:

- Conoscere le principali definizioni, tassonomie e ambiti applicativi tipici della biorobotica.
- Conoscere le principali nozioni sullo stato dell'arte nel campo della biorobotica.
- Acquisire conoscenze e competenze teoriche e pratiche sui metodi e gli strumenti tipici per la ideazione, progettazione e sviluppo di sistemi biorobotici.
- Saper utilizzare alcuni strumenti di modellazione, simulazione, progettazione e controllo di sistemi robotici bioispirati.

*Autonomia di giudizio:* gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di: i) esempi applicativi delle tematiche trattate in aula e ii) casi studio di sistemi bioispirati

utilizzati per l'investigazione scientifica e/o per la soluzione di problemi applicativi di natura ingegneristica.

*Capacità di apprendere:* lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi e casi studio nell'ambito della Biorobotica per stimolare l'approfondimento dei temi teorici affrontati a lezione. Durante le esercitazioni saranno trattati esempi per mostrare l'applicazione dei concetti appresi a problemi specifici.

*Abilità comunicative:* nell'ambito dell'insegnamento particolare attenzione sarà dedicata allo sviluppo delle abilità comunicative con il coinvolgimento attivo degli studenti durante le ore di lezione frontale e di esercitazione.

## **Prerequisiti**

No esami obbligatori

Esami consigliati: Meccatronica per i sistemi biomedicali, Robotica Medica ed Industriale, Biomicrosistemi.

## **Contenuti**

Il corso è organizzato in un unico modulo, articolato nei seguenti principali argomenti:

- Introduzione alla Biorobotica: definizioni e schemi concettuali di riferimento.
- Breve storia e analisi dello stato dell'arte della ricerca nel campo della Biorobotica.
- Tassonomia dei sistemi biorobotici. Analogie e differenze tra ricerca biologica e robotica.
- Tecnologie abilitanti per la biorobotica: sensori, attuatori e altri componenti bio-ispirati e bio-mimetici.
- I sistemi robotici per la ricerca biologica: principi e metodi di progettazione, casi di studio.
- I sistemi robotici bio-ispirati e biomimetici: principi e metodi di progettazione, casi di studio.
- I sistemi robotici per le applicazioni in campo medico-biologico: principi e metodi di progettazione, casi di studio.
- Prospettive future della Biorobotica.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali (4 CFU), in cui vengono trattati gli argomenti del corso e presentati e discussi casi di studio estratti dalla letteratura scientifica di riferimento.

Esercitazioni (1 CFU) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici in campo biologico e/o robotico.

Seminari (1 CFU) a cura di esperti nel campo della ricerca e dell'industria.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze apprese durante il corso saranno valutate tramite una prova scritta e, in caso di esito positivo, tramite una prova orale.

La prova scritta sarà composta da una domanda aperta e 9 domande a risposta multipla ed avrà una durata complessiva di 45 minuti. Le domande potranno essere direttamente riferite agli argomenti e ai casi di studio trattati durante le lezioni o potranno riguardare uno specifico caso di studio/articolo scientifico per il quale verranno forniti materiali da consultare prima della prova. In quest'ultimo caso, lo studente avrà a disposizione almeno 30 minuti prima della prova per analizzare il materiale fornito per l'esame.

Il punteggio della prova scritta sarà così formulato: 3 punti per ogni risposta corretta, 0 punti per ogni risposta non data e -0,5 punti per ogni risposta errata. L'esame scritto è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. La domanda a risposta aperta sarà valutata sulla base della correttezza, completezza e capacità di sintesi ed assegna un punteggio compreso tra -0.5 e 3.

La prova orale consentirà di variare di  $\pm 3$  punti il voto conseguito nella prova scritta. La prova orale può

comprendere una domanda su argomenti trattati nel corso, la discussione della prova scritta e la presentazione di approfondimenti a scelta dello studente sugli argomenti del corso.

La lode è concessa agli studenti che abbiano risposto correttamente a tutte le domande delle prove scritte e orali e che abbiano inoltre fornito una risposta corretta, sintetica ma esaustiva alla prima e unica domanda a risposta aperta della prova scritta.

## Testi

- Meyer, Jean-Arcady, and Agnes Guillot. "Biologically inspired robots." Springer Handbook of Robotics. Springer Berlin Heidelberg, 2008. 1395-1422. (old ed.)
- Iida, Fumiya, and Auke Jan Ijspeert. "Biologically inspired robotics." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 2015-2034. (new ed.)
- Fitzpatrick, Paul, et al. "Humanoids." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 1789-1818.
- Chung, Woojin, and Karl Iagnemma. "Wheeled Robots." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 575-594.
- Choi, Hyun-Taek, and Junku Yuh. "Underwater Robots." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 595-622.
- Leutenegger, Stefan, et al. "Flying robots." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 623-670.
- Walker, Ian D., Howie Choset, and Gregory S. Chirikjian. "Snake-like and continuum robots." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 481-498.

Selezione di articoli scientifici forniti dal docente, dai tutor di disciplina e dagli esperti esterni che svolgeranno seminari.

Slide e altri materiali didattici utilizzati per le lezioni frontali, le esercitazioni e i seminari.

# COLLAUDI E VERIFICHE FUNZIONALI DI APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI

**Docente** Carlo Massaroni (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi Formativi

Il corso mira a fornire le conoscenze di base necessarie per la progettazione di sistemi di automazione in ambito industriale e domotico. L'insegnamento ha l'obiettivo di trasmettere nozioni riguardo la struttura dei principali sistemi automatici attraverso approfondimenti circa la scelta delle architetture hardware e software, dei protocolli di comunicazione e delle interfacce. Il corso propone lo studio dei suddetti sistemi attraverso un approccio integrato "cyber-physical" ponendo l'attenzione sulla sinergia tra il contesto informatico e quello fisico che caratterizza fortemente i sistemi di automazione in ambito domotico ed industriale. Sarà inoltre trasmessa allo studente la capacità di identificare le migliori soluzioni per la progettazione e lo sviluppo dei sistemi di automazione attraverso l'utilizzo di strumenti hardware e software propri del mercato di riferimento.

Il corso si presenta con una forte connotazione professionalizzante, grazie all'apporto ed alla collaborazione di realtà industriali e all'utilizzo attivo di strumenti hardware e software professionali. Le realtà coinvolte contribuiranno a fornire verticalizzazione tecnologica su specifici aspetti, sia mediante seminari tematici che tramite visite ad impianti, così come mediante lo svolgimento di attività di tesi e stage. Tutto ciò favorirà ed anticiperà l'interazione del discente con il mondo del lavoro.

### *Conoscenza e Capacità di Comprensione*

Alla conclusione del corso, il discente avrà acquisito le competenze necessarie per la realizzazione di sistemi automatici in ambito domotico ed industriale definendo le infrastrutture e le metodologie necessarie per permettere la comunicazione tra sistemi automatici eterogenei. Inoltre, il discente sarà in grado di comprendere diagrammi e schemi di progettazione propri dei suddetti sistemi.

### *Conoscenza e Capacità di Comprensione Applicate*

Il corso si caratterizza per un taglio professionalizzante che mira a stimolare nei discenti la capacità di individuazione delle soluzioni hardware e software necessarie per la progettazione ed implementazione di sistemi di automazione industriali e domotici. Al termine del corso lo studente sarà in grado di comprendere la logica di controllo dei suddetti sistemi e proporre metodologie di realizzazione dell'infrastruttura, di comunicazione dei dati e presentazione delle informazioni studiate ad-hoc per il sistema in esame.

### *Autonomia di Giudizio*

Durante il corso il discente acquisirà contezza degli aspetti e delle problematiche legate alla scelta fra diverse tecnologie sviluppando capacità di analisi critica rispetto alle soluzioni di mercato.

### *Abilità Comunicative*

I discenti affineranno la loro capacità di comunicazione sia attraverso lo svolgimento di lavoro di gruppo, che mira a favorire le capacità di co-working, sia esponendo i risultati del loro lavoro nelle presentazioni previste per la fase di verifica finale.

Inoltre, le attività di interazione con soggetti industriali, sia durante le attività seminariali che durante le visite didattiche previste, rappresenteranno un elemento di stimolo per i discenti per il miglioramento continuo delle loro capacità comunicative tecniche.

### *Capacità di Apprendere*

Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio che valorizza la frequenza alle lezioni al fine di applicare autonomamente quanto appreso con lo sviluppo di un progetto finale i cui dettagli dovranno essere studiati in autonomia con l'ausilio delle conoscenze apprese.

## **Contenuti**

Il corso è suddiviso in tre moduli principali:

- 1) **Nozioni di Base:** richiami di elementi di automatica e di fondamenti delle reti di calcolatori, protocolli di comunicazione, modello ISO-OSI, architetture di rete, basi di dati ed interrogazioni. (20 % delle ore di lezione)
- 2) **Sistemi Domotici:** cenni sui protocolli Profibus, ProfiNet, Etherne-IP, Zigbee, il bus KNX, piattaforme software per l'integrazione dei servizi, soluzioni mobile per il monitoraggio remoto. (40% delle ore di lezione)
- 3) **Sistemi per la Supervisione di Impianti:** Sistemi SCADA, PLC progettazione del software e linguaggi di programmazione, HMI, soluzioni per il monitoraggio della rete. (40% delle ore di lezione)

## **Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità

Conoscenze dei Fondamenti dell'Automatica.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali anche con presentazioni elettroniche (50% delle attività);

Esercitazioni progettuali che coinvolgono gli studenti (30% delle attività);

Seminari svolti da esperti industriali (10% delle attività);

Visite a impianti e siti di interesse (10% delle attività)

## Verifica dell'Apprendimento

Sviluppo in gruppo di un elaborato progettuale che utilizzi le competenze tecnologiche e metodologiche apprese (peso 70% del voto finale) e prova scritta sugli aspetti teorici (peso 30% del voto finale).

L'elaborato progettuale riguarderà la realizzazione di un semplice sistema demotico o industriale che permetta l'applicazione pratica delle conoscenze apprese durante le lezioni frontali oltre all'utilizzo di soluzioni hardware e software professionali propri dei sistemi di automazione.

La prova scritta è composta da due esercizi volti alla soluzione di un problema pratico, sul tipo di quelli affrontati durante le ore di lezione, ed una domanda teorica aperta, circa la descrizione degli argomenti trattati a lezione.

La votazione finale è espressa in trentesimi e l'esame risulterà superato solo se la votazione sarà maggiore o uguale a 18/30 in entrambe le prove.

In presenza di sessioni di esami con un numero esiguo di candidati la prova pratica è sostituita da un colloquio orale.

## Testi

Dispense a cura del docente distribuite tramite piattaforma e-learning (<https://elearning.unicampus.it>)

- P. Chiacchio, F. Basile, "Tecnologie informatiche per l'automazione", McGraw-Hill, 2004.
- P. Guidi, "Elementi di Domotica", Zanichelli – In Riga Edizioni, 2018.
- James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.
- P. Atzeni, S. Ceri, P. Fraternali, S. Paraboschi, R. Torlone: Basi di dati: modelli e linguaggi di interrogazione. McGraw-Hill, quarta edizione, 2013

# CYBER SECURITY PER OPERATIONAL TECHNOLOGIES

**Docente** Roberto Setola (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cyber security al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema cyber-physical. Il corso illustra sia i rudimenti per preparare, organizzare ed eseguire un attacco cyber che i principali strumenti metodologici, tecnologici ed operativi per il contrasto a tali minacce. Il corso si focalizza in particolare sulle problematiche proprie dei sistemi di monitoraggio e controllo di sistemi OT, analizzando gli effetti di un attacco informatico sul sistema fisico e sui sistemi di controllo. Il corso fornisce inoltre anche una sommaria panoramica delle tecniche di social engineering e degli aspetti giuridici connessi con la cyber security.

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso mira a fornire agli studenti gli strumenti necessari a comprendere le problematiche connesse con la minaccia cyber ed a elaborare efficaci strategie di identificazione, contrasto, difesa e mitigazione della minaccia. Scopo del corso è anche quello di illustrare agli studenti i principali aspetti normativi, regolamentatori e legislativi con particolare riferimento agli obblighi per gli Operatori di Servizi Essenziali e per gli Operatori di Infrastrutture Critiche nazionali.

### *Capacità applicative*

Lo studente acquisirà gli strumenti metodologici necessari per l'analisi dei rischi connessi con la minaccia cyber e per ciò che riguarda lo sviluppo e l'implementazione di semplici strategie di contrasto e protezione. A tal fine il corso alternerà lezioni frontali con esperienze di laboratorio al fine di facilitare il discente nello sviluppo di specifiche capacità applicative sia nella realizzazione di attacchi cyber che nella configurazione di sistemi di difesa attraverso l'utilizzo di tool ed ambienti dedicati.

### *Autonomia di giudizio*

La natura dell'oggetto del corso rappresenterà un elemento di stimolo per lo sviluppo di un "pensiero laterale" da parte dello studente atto a cogliere e prevedere fenomeni ed elementi non preventivamente codificati. Il confrontarsi con sfide continue rappresenterà per il discente un terreno per far maturare la propria capacità di autonomo giudizio. Lo studente maturerà dunque una capacità critica sia in fase di progettazione dell'infrastruttura informatica sia nella scelta di definizione possibili strategie difensive da applicare in situazioni di criticità.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente acquisirà le nozioni basilari del linguaggio tecnico relativo alla cyber security e alla illustrazione e codifica dei requisiti utente anche grazie alle modalità interattive delle lezioni.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio finalizzata a rendere produttiva la frequenza delle lezioni ed esercitazioni. Questo verrà ottenuto dai docenti attraverso la partecipazione e il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni, dovendo questi cimentarsi durante il corso nella gestione di problemi e situazioni con difficoltà crescente

## **Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità

Conoscenze di base di automazione e di informatica.

## **Contenuti**

Richiami di automazione, di reti di calcolatori e di basi di dati (15% delle ore)

Inquadramento della minaccia cyber, elementi per valutazione del rischio cyber e dell'impatto di un evento cyber con particolare riferimento ai sistemi ICS (Industrial Control System) (15% delle ore)

Presentazione delle più comuni strategie di attacco cyber (man in the middle, denial of service, reply attack) ed illustrazione di alcuni tool dedicati (Etercap, Kali linux, Wireshark, ecc). Tecniche di social engineering. (20% delle ore)

Illustrazione dei principali strumenti e metodologie di contrasto: crittografia, firma digitale, firewall, IDS (Intrusion Detection System), analisi del traffico di rete (30% delle ore)

Presentazione degli aspetti legislativi e normativi (20 % delle ore)

## **Metodi Didattici**

Il corso è organizzato in lezioni frontali ed attività sperimentali. Le lezioni frontali, che rappresentano circa il 50% delle ore, sono finalizzate a presentare gli argomenti del corso. Durante le attività sperimentali, che rappresentano circa il 40% delle ore, i discenti si confronteranno con le problematiche legate alla implementazione di semplici attacchi cyber. Completano le attività interventi seminariali svolti da esperti di cyber security provenienti dal mondo industriale e professionale.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite si svolge di norma mediante una prova orale che consiste in un colloquio orientato all'accertamento della comprensione degli aspetti teorici e pratici illustrati durante il corso e alla loro applicazione a casi particolari.

L'esame si intende superato se il candidato prede una votazione compresa fra 18 e 30 trentesimi. La lode è a discrezione della commissione

## Testi

- James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.
- C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, J. Margulies: "Security in Computing, 5th Edition", Prentice Hall, 2015
- Charles J. Brooks, Christopher Grow, Philip Craig, Donald Short, "Cybersecurity Essentials", Sybex Inc, 2018

# DINAMICA DEI SISTEMI COMPLESSI

**Docente** Simonetta Filippi (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivo primario del corso è assicurare un'ampia e solida formazione fisico-matematica necessaria per la comprensione dei fenomeni chimico-fisici e biologici che stanno alla base delle tecnologie di interesse dell'Ingegneria Biomedica.

In particolare si mira a fornire agli studenti una conoscenza dei principali metodi e strumenti per la modellazione di sistemi non lineari e sistemi complessi. E' previsto un percorso di apprendimento dei metodi e degli strumenti per la modellazione dei sistemi biologici e fisiologici, anche mediante approcci multiscala e multifisica, con particolare riferimento agli organi e alle funzioni del corpo umano. Il corso è altresì centrato sull'approccio interdisciplinare ai problemi complessi dell'Ingegneria e delle Bioscienze.

Altre competenze specifiche oggetto del corso sono:

1. Capacità di applicazione dei metodi e degli strumenti modellistici e simulativi appresi, a partire da una descrizione anatomo-fisiologica e da dati sperimentali di un sistema biologico e fisio/patologico di interesse, anche mediante l'utilizzo di informazioni reperibili in letteratura e in banche dati specializzate.
2. Capacità di analisi dello stato dell'arte, di analisi critica di modelli e simulazioni di sistemi biologici esistenti e loro riutilizzo per la soluzione di problemi specifici.
3. Capacità di selezione del livello di scala, dei domini fisici di interesse e del livello di complessità della modellazione e simulazione di un sistema biologico di interesse in relazione all'utilizzo previsto del modello da realizzare.
4. Capacità necessarie per dialogare con i produttori e gli utilizzatori finali dei modelli matematici al fine di ottenere le indicazioni per una progettazione e realizzazione di prodotti tecnologici di impiego in campo biomedico.

## Prerequisiti

Conoscenze pregresse di:

Analisi Matematica I e II.

Equazioni differenziali ordinarie.

Meccanica e Termodinamica.

Elettromagnetismo.

Lingua Inglese.

## **Contenuti**

Caos, Frattali e Dinamica dei Sistemi Complessi:

- Introduzione storica alla dinamica.
- L'importanza della non linearità in Natura.

Flussi su una linea:

- Interpretazione geometrica, punti fissi e stabilità, crescita di popolazioni.
- Biforcazioni di sella-nodo, transcritiche e a forchetta.
- Laser.

Oscillatore uniforme e non uniforme, pendolo con attrito, oscillazioni supersmorzate, sincronizzazione delle lucciole.

Sistemi lineari e non lineari:

- Definizioni ed esempi.
- Classificazione e punti fissi.
- Spazio delle fasi, autovalori ed autovettori.
- Linearizzazione.

Cicli limite:

- Teorema di Poincaré-Bendixon.
- Oscillatori debolmente non lineari.
- Sistema di Van Der Pol.

Biforcazioni: di Hopf, oscillatori accoppiati e quasi periodicità, mappe di Poincaré.

Equazioni di Lorenz e Chaos deterministico: applicazione alla ruota ad acqua.

Mappe unidimensionali: mappa logistica, esponenti di Lyapunov, universalità.

Insieme di Cantor, Insieme di Koch, box counting e dimensione di correlazione.

Teoria delle PDE e simulazioni numeriche delle equazioni alle derivate parziali:

- Equazione di Kortweeg de Vries ed Equazione di Burgers.
- Solitoni, onde di shock, onde a spirale nell'equazione di diffusione.

Applicazioni:

- Modello di Turing per la morfogenesi, Reazioni chimiche di Zhabotinsky-Belousov.
- Automi Cellulari, Modello di Hodgkin-Huxley della conduzione nervosa.
- Modello di Fitzhugh-Nagumo.
- Modelli di sistemi eccitabili.

Cardiologia computazionale:

- Modello di tessuto cardiaco.
- Accoppiamento termo-elettrico.
- Modelli di aritmia.
- Defibrillazione.

Neuroscienze computazionali.

## Metodi Didattici

- A) Lezioni frontali in cui si introducono le evidenze sperimentali, i temi teorici e le relative dimostrazioni affrontate durante il corso in relazione alla Dinamica dei Sistemi Complessi (34 ore).
- B) Esercitazioni al computer in cui si introduce lo studente a software dedicati alla soluzione di ODE e PDE ed alla loro rappresentazione grafica (32 ore).
- C) Seminari in lingua italiana e/o inglese erogati da ricercatori esperti in temi di ricerca affini agli argomenti teorici e sperimentali trattati durante il corso (6 ore).
- D) Ricevimenti e supervisione dei gruppi di lavoro suddivisi per articolo scientifico.

## Verifica dell'apprendimento

- orale in cui si chiede l'argomentazione scritta di tre temi con relativa discussione con il docente. Il risultato di tale prova sarà valutato in trentesimi.
- La verifica delle capacità pratiche acquisite sarà effettuata attraverso un progetto assegnato durante il corso, sviluppato in condivisione con altri studenti e riguardante la riproduzione e lo sviluppo di un articolo scientifico attinente gli argomenti trattati durante il corso. Tale prova viene valutata in trentesimi.
- La valutazione finale consta della media aritmetica delle due prove precedentemente descritte ed è espressa in trentesimi più eventuale lode.

## Testi

- Strogatz, S. *Nonlinear Dynamics and Chaos with applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. Perseus Books, Cambridge, Massachusetts, 1994
- Keener J., Sneyd J. *Mathematical Physiology*. Springer

Altro materiale didattico a cura del docente.

# DOMOTICA E SUPERVISIONE DI IMPIANTI

**Docente** Luca Faramondi (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso mira a fornire gli strumenti metodologici ed operativi necessari per la progettazione di sistemi di automazione in ambito industriale e domotico, includendo le conoscenze dei principali sistemi, componenti, protocolli ed interfacce, con approfondimenti sulle metodologie di progettazione e implementazione degli impianti di automazione. Il corso si caratterizza per un approccio integrato "cyber-physical" dove la componente fisica e quella informatica vengono progettate in modo concorrente e sinergico. Una speciale attenzione verrà posta alle soluzioni innovative basate sull'utilizzo di smart-device e l'integrazione di semplici sensori all'interno di tali soluzioni.

Il corso si presenta con una forte connotazione professionalizzante, grazie all'apporto ed alla collaborazione di diverse realtà industriali. Esse contribuiranno a fornire verticalizzazione tecnologica su specifici aspetti, sia mediante seminari tematici che tramite visite ad impianti e/o realizzazioni, così come mediante lo svolgimento di attività di tesi e stage. Tutto ciò favorirà ed anticiperà l'interazione del discente con il mondo del lavoro.

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il discente acquisirà le conoscenze metodologiche e tecnologiche per comprendere il funzionamento dei

sistemi di monitoraggio e controllo in uso in ambito industriale e domotico al fine di acquisire le conoscenze per valutare i diversi aspetti al fine di individuare soluzioni tecnologicamente adeguate ai diversi contesti applicativi

#### *Capacità applicative*

Il corso si caratterizza per un taglio professionalizzante che mira a stimolare nei discenti la capacità di progettazione ed implementazione di sistemi di automazione industriale e domotico in grado di integrare l'intera catena dalle misure dei sensori alla loro trasmissione, manipolazione e visualizzazione da parte del sistema di supervisione e controllo e la successiva fase di attuazione.

Al termine del corso il discente avrà acquisito le competenze e le conoscenze per la progettazione di semplici impianti di automazione impostando le basi architetture ed informatiche necessarie alla realizzazione del sistema di controllo.

#### *Autonomia di giudizio*

Durante il corso il discente acquisirà contezza degli aspetti e delle problematiche legate alla scelta fra diverse tecnologie sviluppando capacità di analisi critica rispetto alle soluzioni di mercato

#### *Abilità nella comunicazione*

I discenti affineranno la loro capacità di comunicazione sia attraverso lo svolgimento di lavoro di gruppo che mira a favorire le capacità di team working che ad esporre i risultati dei loro lavoro nelle presentazioni previste per la fase di verifica finale.

Inoltre le attività di interazione con soggetti industriali, sia durante le attività seminariali che durante le visite didattiche previste, rappresenteranno un elemento di stimolo per i discenti per il miglioramento continuo delle loro capacità comunicative tecniche.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio che valorizza produttiva la frequenza delle lezioni all'interno delle quali gli argomenti teorici verranno declinati ed attualizzati nello sviluppo dell'applicativo dello studente.

co- ed esercitazioni. Questo verrà ottenuto dai docenti attraverso la partecipazione e il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni, dovendo questi cimentarsi durante il corso nella risoluzione di problemi con difficoltà crescente.

## **Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità

Conoscenze dei Fondamenti dell'Automatica.

## **Contenuti**

Introduzione: concetti fondamentali di reti informatiche e basi di dati;

Concetti di supervisione di impianti: terminologia, esempi di applicazione in ambito sanitario, farmaceutico e domotico, sistemi e reti per il controllo ed il monitoraggio di infrastrutture industriali e civili;

Sistemi per la supervisione di impianti: SCADA, PLC e DCS; caratteristiche, funzionalità, linguaggi di programmazione e principali protocolli di comunicazione;

Tecnologie per la supervisione di impianti e per la domotica: principali protocolli, problematiche e soluzioni tecnologiche, sistemi di monitoraggio della rete informatica, esempi di minacce cyber;

Integrazione di smart-device in ambito domotico ed industriale: connessione con i sistemi di controllo, progettazione di protocolli di comunicazione, definizione delle specifiche tecniche;

Piattaforme e linguaggi di sviluppo per applicazioni "mobile": sviluppo di applicazioni mobili per il monitoraggio di sistemi domotici o industriali;

Convalida dei sistemi di controllo;

## Metodi didattici

Lezioni frontali anche con presentazioni elettroniche (50% delle attività);  
Esercitazioni progettuali che coinvolgono gli studenti (30% delle attività);  
Seminari svolti da esperti industriali (10% delle attività);  
Visite a impianti e siti di interesse (10% delle attività)

## Verifica dell'apprendimento

Sviluppo in gruppo di un elaborato progettuale che utilizzi le competenze tecnologiche e metodologiche apprese e prova orale sugli aspetti teorici.

L'elaborato progettuale riguarderà la progettazione di un semplice sistema domotico, o industriale, al fine di dimostrare da parte dello studente l'acquisizione della capacità di individuare, selezionare e gestire le componenti hardware di un moderno sistema di supervisione nonché la capacità di progettazione, implementazione e realizzazione del sistema di supervisione e controllo e della relativa interfaccia utente. Lo sviluppo del progetto avverrà in parte durante il corso andando di volta in volta ad effettuare specifiche verticalizzazione degli aspetti di teoria sul caso pratico individuato dagli studenti.

La prova orale consiste in un colloquio il cui obiettivo è la verifica della comprensione da parte dello studente dei fondamenti teorici alla base delle diverse scelte progettuali. A tal fine ciascun membro della commissione di esame chiederà allo studente di illustrare un aspetto connesso con gli argomenti presentati durante il corso.

## Testi

- P. Chiacchio, F. Basile, "Tecnologie informatiche per l'automazione", McGraw-Hill, 2004.
- S. Bellintari, "Manuale della domotica. Tecnologie ed evoluzione dell'abitare", Pirola - Sole 24.
- James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.
- P. Atzeni, S. Ceri, P. Fraternali, S. Paraboschi, R. Torlone: Basi di dati: modelli e linguaggi di interrogazione. McGraw-Hill, quarta edizione, 2013

# ENTREPRENEURSHIP & START UP MANAGEMENT

**Docente** Amedeo Iannicari  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso intende fornire gli elementi di base per il Management di Organizzazioni Complesse e di Start Ups e sviluppare le qualità Imprenditoriali dei discenti. Sono esaminati i Business Plans, il Posizionamento Competitivo, l'Economicità e la Potenza Finanziaria. Sono previste testimonianze in aula di manager di Private Equity e di Private Debt e la discussione di casi reali di Bio-Medicina e Bio-Ingegneria, con particolare riferimento alla Chirurgia Robotica e alla Telemedicina. L'obiettivo è fornire gli elementi di base per una formazione di tipo manageriale ed imprenditoriale che vada ad arricchire il profilo di studio di un aspirante ingegnere. In questa prospettiva, molta attenzione viene posta sui temi di Personal Leadership.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

Elementi di introduzione all'Economia Aziendale e all'Imprenditorialità. I processi di decisione, di esecuzione e di controllo. La razionalità obiettiva e la razionalità limitata. I modelli convenzionali di Management e i nuovi modelli di Leadership. Avvio e Gestione di start up. Personal Leadership. Elementi di Marketing Strategico e di Marketing Operativo. Il Branding. La costruzione dei Business Plans. Il Posizionamento Competitivo e la Teoria della Competizione: casi e applicazioni. Le applicazioni e-business, chirurgia robotica e telemedicina. Struttura di costi e ricavi e elementi di contabilità industriale. L'Economicità e la Potenza Finanziaria. Valutazione di un investimento e elementi di Analisi Finanziaria. Forme di finanziamento per progetti di investimento e Business Valuation.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali in cui vengono presentati gli argomenti del corso e le principali linee del pensiero strategico manageriale, con particolare riferimento alle imprese farmaceutiche, sanitarie e biotecnologiche.

Viene ampiamente utilizzato il metodo "dei casi", nei quali vengono presentate situazioni reali e studiate le possibili soluzioni (con relativo riscontro empirico).

Si effettuano, inoltre, laboratori di gruppo in tema di problem solving e decision making.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze apprese vengono verificate mediante una prova orale, della durata di circa 45 minuti, costituita da tre distinti colloqui tesi a valutare ogni parte del programma svolto.

Agli studenti è anche chiesta la presentazione di un elaborato, previamente concordato con il docente, che approfondisca uno degli argomenti affrontati durante il semestre.

Le domande e la discussione dell'elaborato sono concepiti in maniera che la risposta richieda la trattazione da parte dello studente di più argomenti distinti, affrontati in momenti diversi del corso.

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. L'aver studiato adeguatamente tutti gli argomenti affrontati a lezione garantisce il voto di 24/30. Voti maggiori sono assegnati a fronte della verifica di un'adeguata capacità di applicare le conoscenze acquisite. A discrezione della commissione si concede la lode agli studenti che non solo abbiano studiato tutti gli argomenti del corso ma che dimostrino anche una non comune abilità nell'applicare correttamente le conoscenze acquisite per l'analisi e la risoluzione di problemi differenti da quelli illustrati nel corso. Viceversa, l'esame non viene superato nel caso in cui lo studente non abbia adeguatamente studiato uno degli argomenti fondamentali, segnalati come tali dal docente durante lo svolgimento del corso, ovvero nel caso in cui si palesino importanti lacune nella formazione di base.

## Testi

- Peter Thiel, Form Zero to One: Notes on Start Ups or How to Build the Future, Virgin Books, Stanford, 2015
- Gianfranco Zanda, Lineamenti di Economia Aziendale, III edizione, Edizioni Kappa, 2006.
- Gianluca Oricchio, Mercati finanziari e valenza informativa del bilancio di esercizio, Giappichelli, Torino, 2010.

Bibliografia aggiuntiva:

- Jane Cranwell-Ward, Andrea Bacon, Rosie Mackie, Inspiring Leadership. Staying Afloat in Turbulent Times, Thomson, Londra, 2002.
- Clayton Christensen, The Innovator's Dilemma: When new Technologies Cause Great Firms to Fail, Harvard Business School, Boston, 1997.
- Aswath Damodaran, Corporate Finance. Theory and Practice, Wiley, New York, 1997.

# ELABORAZIONE DEI SEGNALI DIGITALI E DELLE IMMAGINI

**Docente** Luca Vollerò (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso ha come scopo quello di fornire i modelli e gli strumenti analitici e computazionali necessari alla comprensione e soluzione di problemi inerenti l'elaborazione dei segnali tempo discreto e delle immagini.

Risultati di apprendimento attesi:

*Conoscenza e capacità di comprensione:*

- Conoscenza del modello di segnale e di immagine digitale, delle loro forme di rappresentazione, dei sistemi e delle proprietà dei sistemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
- Capacità di comprendere problemi che coinvolgono i segnali e le immagini digitali e i sistemi di elaborazione con particolare riferimento ad applicazioni biomediche.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate:*

- Conoscenza pratica delle tecniche di caratterizzazione e di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
- Capacità di risolvere problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.

*Autonomia di giudizio:*

- Capacità di applicare in modo autonomo e critico le tecniche di elaborazione apprese per la soluzione di problemi di elaborazione di segnali e immagini.

*Abilità comunicative:*

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro sistemi e processi di elaborazione dei segnali e delle immagini.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni di elaborazione dei segnali e delle immagini.

*Capacità di apprendere:*

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

## Prerequisiti

Nozioni di base di elaborazione dei segnali e conoscenza della programmazione MATLAB.

## Contenuti

- Cenni di Teoria della Probabilità.
- Rappresentazione dei segnali e delle immagini digitali.
- Classi di segnali e immagini digitali e proprietà.
- Digitalizzazione di segnali e immagini: campionamento e quantizzazione.
- Enhancement di segnali e immagini.
- Denoising e Restoration di segnali e immagini.
- Trasformazione di segnali e immagini.
- Compressione.

- Ricostruzione da proiezioni.
- Segmentazione delle immagini.
- Elaborazione Morfologica.
- Asservimento Visivo.
- Elaborazione dei segnali e delle immagini digitali con MATLAB.

## **Metodi Didattici**

Il corso si compone di lezioni frontali (**70%**), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, ed esercitazioni (**30%**) in cui vengono risolti insieme allo studente problemi pratici legati all'analisi di sistemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.

## **Verifica dell'Apprendimento**

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo di un homework e di una prova orale.

Tramite l'homework si mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate alla formulazione di soluzioni e alla soluzione di problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
2. autonomia di giudizio nella scelta delle soluzioni a problemi di elaborazione.

La prova orale mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
3. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto mediante una media (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti dell'homework e della prova orale espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato supera i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30.

## **Testi**

- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Elaborazioni delle immagini digitali, Prentice Hall.
- Anil K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice Hall.

Dispense del docente.

## ELEMENTI DI FISIOLOGIA E ANATOMIA II

**Docenti** Giovanni Di Pino (Tit.); Sergio Morini  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Il corso fornisce agli studenti della Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica una introduzione alla struttura e ai meccanismi fondamentali del sistema nervoso e locomotore umano, con particolare attenzione a meccanismi di sensibilità e percezione.

Lo studente dovrà acquisire una conoscenza e comprensione dell'organizzazione generale del sistema nervoso e dell'apparato locomotore umano, con approfondimenti sulla morfologia e funzione degli organi e delle vie di senso.

Al termine del corso lo studente dovrà essere in grado di:

- conoscere i meccanismi fisiologici fondamentali delle funzioni delle vie e degli organi di senso, ad un livello di approfondimento sufficiente per l'esercizio consapevole e ragionato della professione di ingegnere biomedico.
- conoscere i principali meccanismi di codifica della sensibilità e costruzione della percezione.
- descrivere adeguatamente l'anatomia e l'organizzazione generale dell'apparato locomotore umano, del sistema nervoso e degli organi di senso a livello macroscopico e microscopico, correlando l'organizzazione strutturale alle funzioni corrispondenti.

### Prerequisiti

Conoscenze di base di Chimica, Fisica e Biologia, di Fisiologia delle Membrane e dei principali organi

### Contenuti

FISIOLOGIA DELLA PERCEZIONE

Codifica Sensoriale, Il sistema Somatosensoriale, Il Tatto, La Vista, L'Udito, L'odorato Il Gusto.

ANATOMIA

Nozioni generali sull'apparato locomotore: ossa, articolazioni, muscoli. Anatomia fondamentale dei segmenti scheletrici, delle articolazioni e dei muscoli con elementi di anatomia funzionale e biomeccanica. Neuroanatomia: principi generali; anatomia funzionale del sistema nervoso centrale: vie e centri nervosi

### Metodi Didattici

Il corso viene erogato attraverso lezioni teoriche (32 ore) e seminari di approfondimento (8 ore). Qualora sia possibile per il numero di partecipanti si potranno organizzare lezioni teorico-pratiche (8 ore) di anatomia applicata e funzionale durante le quali gli studenti, presso il laboratorio di neurofisiologia e neuroingegneria, potranno sperimentare tecniche neurofisiologiche di stimolazione sensoriale e di simulazione dei fenomeni percettivi.

Nel caso in cui le lezioni teorico-pratiche non potranno essere organizzate, le ore ad esse dedicate verranno suddivise tra lezioni teoriche e seminari di approfondimento aggiuntivi.

## Verifica dell'apprendimento

Prova Orale. Le nozioni acquisite verranno valutate attraverso tre domande di fisiologia delle membrane e dei principali organi e di anatomia. La capacità di rielaborare queste conoscenze in maniera ragionata verrà valutata con problemi aperti di fisiologia applicata alla professione.

Ai fini della determinazione del voto finale, il giudizio sul modulo di Elementi di Anatomia peserà per 1/3 del voto, mentre, quello sul modulo di Elementi di Fisiologia peserà per i restanti 2/3.

## Testi

- KANDEL/SCHWARTZ/JESSELL, PRINCIPI DI NEUROSCIENZE, V EDIZIONE, CASA EDITRICE AMBROSIANA.

- P. Carinci, E. Gaudio, G. Marinozzi, S. Morini, P. Onori. Anatomia Umana e Istologia. Elsevier, 2012

Bibliografia Aggiuntiva

- Gaudio, Carpino, Franchitto, Morini, Onori. Sistema nervoso centrale. Piccin, 2011.

- FitzGerard, Gruener, Mtui. Neuroanatomia con riferimenti funzionali e clinici. Elsevier, 2012.

- Kapandji. Anatomia funzionale (3 volumi). Monduzzi, 2011.

# ELETRONICA E SENSORI PER APPLICAZIONI BIOMEDICHE

**Docente** Marco Santonico (Tit.)

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso fornirà le competenze e le conoscenze necessarie sui sensori per grandezze fisiche chimiche e biologiche e sul loro interfacciamento elettronico per un'ottimizzazione del segnale di uscita.

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso fornirà allo studente le conoscenze dei fondamenti, riconosciuti a livello internazionale, che attengono i sensori per grandezze chimiche, biologiche e fisiche, con l'intendimento di inferire una profonda comprensione dei meccanismi che stanno alla base del loro funzionamento.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate*

L'allievo dovrà conoscere gli aspetti teorico-scientifici della disciplina trattata nel corso e, attraverso questi, essere in grado di identificare e risolvere, con contributi progettuali originali, problemi complessi.

*Autonomia di giudizio*

L'allievo dovrà confrontarsi con le problematiche relative a particolari contesti applicativi reali, diversificati ed inerenti il campo biomedico

*Abilità comunicative*

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera chiara e sintetica, il funzionamento di un sensore ed il suo interfacciamento elettronico.

*Capacità di apprendere*

L'allievo acquisirà l'abilità di estrarre dai sensori in modo ottimale tutte le possibili informazioni mantenendo un rapporto segnale/rumore favorevole tramite lo studio e la progettazione di interfacce elettroniche.

## Contenuti

### Parte I (14 ore)

Grandezze fondamentali caratterizzanti la risposta, la sensibilità, il rumore, la risoluzione, la selettività e la specificità.

Segnali transitanti attraverso i sensori. Circuiti equivalenti dei sensori.

Trasduttori per sensori. Tecnologia dei sensori: microsensori e nanosensori.

Tecniche di recupero del segnale quando il rapporto segnale/rumore è minore di uno. Interfacce.

Teoremi delle reti applicati a semplici interfacce tra sensori e sistemi di elaborazione.

Partitori generalizzati e loro comportamento nel dominio del tempo e della frequenza.

### Parte II (24 ore)

Studio approfondito dell'utilizzo dell'amplificatore operazionale nel campo dei filtri e dell'amplificazione differenziale.

Procedimenti di ottimizzazione delle interfacce. Picoammeter. Elettrometro. Configurazioni basate su opamp.

Regolatori serie e parallelo. Generatori di corrente e di tensione.

Sensori chimici e fisici. Teoria degli oscillatori.

Esperienze di laboratorio al fine di acquisire abilità sperimentali nella progettazione e trattamento dell'elettronica di interfaccia (10 ore).

## Prerequisiti

Conoscenze di base dell'elettronica

## Metodi didattici

Lezioni frontali (38 ore), in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Sviluppo di un progetto (10 ore) dove lo studente potrà avvalersi delle conoscenze acquisite durante il corso. Il progetto, realizzato da piccoli gruppi di 3-5 studenti, riguarderà lo studio e la realizzazione pratica di un dispositivo elettronico atto alla rilevazione di grandezze chimiche o fisiche.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze acquisite verranno verificate mediante una prova orale dove lo studente esporrà il progetto sviluppato e gli verrà chiesto di risolvere problematiche inerenti l'interfacciamento dei sensori utilizzando argomenti specifici sviluppati durante il corso. Nello specifico, verrà richiesto di dimensionare, adattare o combinare le soluzioni circuitali presentate durante il corso per delle esigenze specifiche proposte in sede d'esame. Nel calcolo del voto d'esame la valutazione del progetto avrà a disposizione fino ad un massimo di 10 punti, assegnati dopo la sua discussione durante la prova orale. I restanti 20 punti saranno assegnati in base alle domande sul materiale del corso che verranno proposte allo studente nel proseguo della prova orale.

## Testi

Materiale a cura del docente

- Arnaldo D'Amico, Corrado Di Natale, Introduzione ai sensori, Ed. Aracne, 2008

Bibliografia aggiuntiva:

- Paul Horowitz/Winfield Hill-'L'arte dell'elettronica'-Zanichelli
- Sergio Franco - 'Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits' - McGraw Hill Higher Education; 3rd edition.

Sedra/Smith- 'Circuiti per la microelettronica'-Edises

## IMPIANTI OSPEDALIERI

<b>Docente</b>	Fabio Fiamingo (Tit.)
<b>Periodo</b>	Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Il corso fornisce una panoramica sulla corretta realizzazione ed esercizio sicuro ed efficiente degli impianti a servizio di un ospedale ed in particolare del sistema elettrico utilizzatore.

L'obiettivo principale è quello di sviluppare quindi la conoscenza della tecnologia e delle tipologie di sistema elettrici utilizzatori presenti in una struttura ospedaliera.

Il metodo sviluppato tiene, in debito conto, che gli studenti nel loro futuro professionale potranno trovarsi a gestire il sistema elettrico in qualità di ingegneri clinici; più raramente in qualità di ingegneri appartenenti ai Servizi tecnici o al Servizio Prevenzione e Protezione Aziendale della struttura sanitaria. Secondo questo approccio, il corso quindi si propone di trasferire conoscenza e capacità di comprensione applicata.

Si descrivono le varie tipologie di impianto, il loro dimensionamento di massima, la verifica e la gestione con particolare attenzione alla normativa specifica e al problema della sicurezza. Sono previste visite ed esercitazioni presso il Policlinico CBM.

### Prerequisiti

Conoscenze relative ai contenuti dei corsi di Analisi matematica, Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo, Chimica, Meccanica applicata alle macchine e Macchine, Fenomeni di Trasporto, Misure Meccaniche e Termiche. Fondamenti di circuiti elettrici in corrente alternata, circuiti monofase e circuiti trifase, principio di funzionamento di macchine elettriche statiche e rotanti, cenni sulle modalità di misura delle principali grandezze elettriche, corrente elettrica e corpo umano.

### Contenuti

Disposizioni legislative ed indicazioni normative; principali disposizioni legislative relative agli impianti elettrici; la Legge n°186/68; concetti relativi alla regola d'arte; le norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) ed in particolare la norma CEI 64-8.

Richiami relativi agli effetti della corrente elettrica sul corpo umano: effetti termici; contrazioni muscolari; fibrillazione cardiache. Curve di pericolosità; valore dell'impedenza del corpo umano. Cenni di primo soccorso.

Protezione dal rischio elettrico: contatti diretti. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione nominale di esercizio; sistemi SELV, PELV e FELV. Sistemi di distribuzione TT, TN ed IT. Misure di protezione dai contatti diretti; gradi di protezione degli involucri.

Protezione dal rischio dei contatti indiretti. Definizione di Massa e Massa estranea; classificazione dei componenti. Misure di protezione dai contatti indiretti che non prevedono l'interruzione automatica dell'alimentazione in caso di guasto; misure di protezione dai contatti indiretti che prevedono l'interruzione automatica dell'alimentazione: sistemi di protezione nei sistemi TT, TN, IT. Protezione combinata contro contatti diretti ed indiretti.

Le condutture elettriche di bassa tensione: i cavi in PVC ed EPR; concetti di dimensionamento.

La sicurezza elettrica del paziente in ospedale: microshock. Sicurezza degli apparecchi elettrici elettromedicali: correnti di dispersione. Pericoli per il paziente ed il personale medico; il sistema IT-M.

Richiami di Psicrometria –Grandezze caratteristiche dell'aria umida, umidità specifica, grado igrometrico e umidità relativa, entalpia specifica, diagrammi psicrometrici, equazioni di bilancio per la trasformazione dell'aria, riscaldamento dell'aria umida, raffreddamento dell'aria umida, umidificazione adiabatica dell'aria

umida, umidificazione e vapore dell'aria umida, miscelazione adiabatica di due portate di aria umida, recupero di calore, ciclo invernale e ciclo estivo dei trattamenti dell'aria umida.

Benessere termoigrometrico, comfort termico e benessere in un ambiente confinato, il sistema di termoregolazione del corpo umano, la temperatura operativa, gli indici PMW e PPD, indicatori di disagio termico locale, requisiti di comfort per gli ambienti termici moderati

Cenni sulla cogenerazione; considerazioni di carattere economico. Centrale di sterilizzazione. Centrale a vapore saturo, ad aria e a gas; altri tipi di sterilizzazione

Impianti di produzione, accumulo, e distribuzione di gas medicinali. Gas medicinali: aria compressa, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, Argon, vuoto ed evacuazione gas anestetici; centrali e rampe bombole.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Il corso si svilupperà secondo le seguenti modalità:

- 38 ore lezioni frontali
- 10 ore esercitazioni e/o visite impianti policlinico

Il numero di ore potrà cambiare in funzione delle esigenze didattiche.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici trattati durante il corso.

La prova, in generale, è effettuata, normalmente, su tre domande; ogni domanda è valutata dalla commissione con un punteggio da 0 a 10; la somma dei voti ottenuti è il voto finale. Il candidato per essere approvato deve raggiungere la sufficienza in tutte e tre le domande.

Il docente si riserva la possibilità di effettuare una prova alternativa a con domande a risposta multipla a tempo finito; in questo caso le domande saranno 30 e il tempo della prova 45 min.

## Testi

Appunti a cura del docente.

# IMPIANTI OSPEDALIERI SPECIALI

**Docente** Fabio Fiamingo (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Il corso fornisce una panoramica sulla realizzazione e sulla gestione sicura ed efficiente degli impianti a servizio di un ospedale con particolare riferimento ad alcuni sottosistemi del sistema elettrico utilizzatore ovvero i cosiddetti impianti speciali.

Il corso inoltre, partendo dai contenuti presentati nel corso di impianti ospedalieri, approfondisce i temi del *microshock* (rischio di elettrocuzione nelle sale operatorie, UTIC-Unità di Terapia Intensiva Cardiologica, etc);

dell'illuminazione normale e di emergenza; alimentazione di sicurezza e il rischio dovuto ai fulmini (perdita di vite umane a causa di sovratensioni).

Il corso mira quindi allo sviluppo della conoscenza applicata e la capacità di comprensione nonché alla capacità di autonomia di giudizio.

## **Prerequisiti**

Conoscenze relative ai contenuti dei corsi di Analisi matematica, Meccanica e Termodinamica, Elettromagnetismo, Chimica, Meccanica applicata alle macchine e Macchine, Fenomeni di Trasporto, Misure Meccaniche e Termiche. Fondamenti di circuiti elettrici in corrente alternata, circuiti monofase e circuiti trifase, principio di funzionamento di macchine elettriche statiche e rotanti, cenni sulle modalità di misura delle principali grandezze elettriche, corrente elettrica e corpo umano. Corso Impianti Ospedalieri.

## **Contenuti**

- La sicurezza elettrica del paziente in ospedale: microshock. Sicurezza degli apparecchi elettrici elettromedicali: correnti di dispersione. Pericoli per il paziente ed il personale medico; il sistema IT-M approfondimento.
- Impianto di illuminazione. Cenni illuminotecnici. Progetto di massima di un impianto illuminotecnico. Illuminazione di emergenza.
- Alimentazione in classe di sicurezza 0 (CEI 64-8/710) dei grandi elettromedicali (RMN, TAC. etc.) criticità e soluzioni adottabili.
- Il rischio fulmini nei locali medici, analisi del rischio in una struttura ospedaliera e misure di protezione adottabili (in accordo con CEI EN 62305)
- Impianti di rivelazione incendio – Impianto automatico di rivelazione incendio, i rivelatori d'incendio: rivelatori di fumo (puntiformi ottici, puntiformi a ionizzazione, rivelatori lineari di fumo, rivelatori di fumo ad aspirazione); rivelatori di calore (puntiformi velocimetrici, puntiformi a soglia, rivelatori lineari di calore); rivelatori di fiamma; rivelatori multicriterio. Scelta dei rivelatori; installazione dei rivelatori di fumo e/o di calore (UNI 9795); installazione dei rivelatori nelle condotte d'aria; installazione dei rivelatori di fumo lineari. Dispositivi di allarme ottico- acustico. Alimentazione elettrica. Criteri di installazione dei pulsanti di segnalazione manuale d'incendio.
- Sistema di chiamata personale medico. Elementi di sistema di distribuzione dati LAN.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici trattati durante il corso.

La prova, in generale, è effettuata, normalmente, su tre domande; ogni domanda è valutata dalla commissione con un punteggio da 0 a 10; la somma dei voti ottenuti è il voto finale. Il candidato per essere approvato deve raggiungere la sufficienza in tutte e tre le domande.

Il docente si riserva la possibilità di effettuare una prova alternativa a con domande a risposta multipla a tempo finito; in questo caso le domande saranno 30 e il tempo della prova 45 min.

## **Testi**

Appunti a cura del docente.

# INFORMATICA INDUSTRIALE

**Docente** Luca Vollero (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivi formativi

Il corso ha come scopo quello di fornire strumenti avanzati per la comprensione della struttura dei microcontrollori, la loro programmazione di basso livello e le problematiche di progettazione e sviluppo di sistemi edge IoT.

Risultati di apprendimento attesi

*Conoscenza e capacità di comprensione:*

- Conoscenza dei modelli principali di sistema di calcolo programmabile, dei modelli di programmazione e di interfacciamento I/O, dei protocolli di networking e della progettazione di sistemi edge IoT.
- Capacità di comprendere il funzionamento di sistemi di calcolo programmabile, di software di controllo, interfacciamento e networking.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate:*

- Conoscenza di tecniche di analisi e progettazione di software per la gestione di sistemi a microcontrollore.
- Capacità di progettare il software di gestione e interfacciamento di un sistema a microcontrollore.

*Autonomia di giudizio:*

- Capacità di applicare in modo autonomo e critico le tecniche di progettazione apprese per la soluzione di problemi di progettazione di sistemi edge IoT.

*Abilità comunicative:*

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro i modelli e i sistemi appresi nel corso.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni relative a sistemi edge IoT.

*Capacità di apprendere:*

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

## Prerequisiti

Nozioni base di architettura e di programmazione (C o C++) dei calcolatori

## Contenuti

- L'Architettura dei Calcolatori.

- Il processore:

Modello a registri generali.

Ciclo del processore.

La memoria centrale e modi di indirizzamento.

Il Sistema di Input/Output.

Il sistema delle interruzioni.

I/O memory mapped vs. I/O isolato.

Sincronizzazione CPU-periferica: I/O programmato, I/O con interruzioni. DMA. Processori di I/O.

- Il linguaggio macchina.
  - Introduzione al linguaggio assembly.
  - Formato delle istruzioni in assembly.
  - Etichette.
  - Direttive di assemblaggio.
  - Il Program Location Counter.
  - Gestione dei sottoprogrammi in linguaggio macchina: problema del collegamento e del passaggio dei parametri.
  - Uso dello stack per il collegamento e per l'allocazione del record di attivazione.
  - Il Frame pointer.
- Cenni ai sistemi di calcolo parallelo.
  - Sistemi multiprocessore e sistemi SIMD.
  - Principi di programmazione concorrente.
  - Programmazione GPU.
- Protocolli di comunicazione e trasferimento dati su rete.

## Metodi Didattici

Il corso si compone di lezioni frontali (70%), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, ed esercitazioni (30%) in cui vengono risolti insieme allo studente problemi pratici legati alla progettazione e sviluppo di componenti di sistemi IoT edge.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo di un homework e di una prova orale.

L'homework mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate all'analisi di problemi di progettazione di sistemi IoT edge.
2. autonomia di giudizio nella valutazione e scelta delle soluzioni a problemi di progettazione di sistemi di IoT edge.

La prova orale mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di progettazione di sistemi IoT edge.
3. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di progettazione di sistemi IoT edge.

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto mediante una media (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti dell'homework e della prova orale espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato supera i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30.

## Testi

- C. Hamacher, Z. Vranesic, S. Zaky, Introduzione all'architettura dei calcolatori 3/ed, McGraw-Hill.
- David A. Patterson, John L. Hennessy, Computer Organization and Design, Fifth Edition: The Hardware/Software Interface.

# INGEGNERIA CHIMICA DEGLI ORGANI ARTIFICIALI

**Docente** Vincenzo Piemonte (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi la conoscenza dei principi di funzionamento e i criteri di calcolo e dimensionamento degli organi artificiali e bioartificiali.

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi di progettazione di organi artificiali

### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di progettare e ottimizzare organi artificiali quali fegato artificiale, rene artificiale, polmone artificiale, ecc.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

- Introduzione all'ingegneria degli organi artificiali (2h)
- Trasferimento di materia negli organi artificiali: Diffusione e convezione. Diffusione e reazione. Numeri adimensionali. (10 h)
- Cinetiche enzimatiche, enzimi liberi ed intrappolati (5 h).
- Cinetiche cellulari (3 h).
- Bioreattori cellulari (3 h).
- Gli elementi degli organi artificiali: membrane, colonne di adsorbimento e di scambio ionico, criteri per il calcolo delle principali apparecchiature (6 h).
- Il rene artificiale: dialisi, proprietà delle membrane, clearance, trasporto di materia attraverso membrane (7 h)
- Il fegato artificiale e bioartificiale: detossificazione del sangue, adsorbimento; funzioni di sintesi e bioreattori (7 h).
- Polmone artificiale: ossigenatori, problemi di trasporto e scambio (5 h).

## Metodi Didattici

Le lezioni si svolgeranno attraverso una didattica frontale tesa a fornire gli elementi per l'analisi e la progettazione dei processi e attraverso esercitazioni di gruppo per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le capacità relative all'ingegneria degli organi artificiali sono verificate mediante una prova orale, basata su 2 diversi argomenti, della durata complessiva di circa 50'. La prima domanda vertirà su argomenti di base, mentre la seconda su aspetti più progettuali dell'ingegneria degli organi artificiali.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

Dispense del docente.

- J. D. Bronzino Biomedical Engineering Handbook CRC Press, 1999.

# IOT SYSTEMS DESIGN

**Docenti** Luca Vollero (Tit.); Giuseppe Cinque

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Obiettivi Formativi

L'obiettivo del corso è quello di fornire allo studente le conoscenze teoriche e pratiche necessarie alla progettazione e allo sviluppo di sistemi IoT.

Risultati di apprendimento attesi:

*Conoscenza e capacità di comprensione:*

- Conoscenza dei protocolli e dei sistemi di rete, dei componenti un'architettura IoT, dei loro ruoli e delle loro interazioni.
- Capacità di comprendere l'architettura di un sistema IoT e il funzionamento dei suoi componenti.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate:*

- Conoscenza pratica di progettazione e implementazione di sistemi IoT.
- Capacità di comprendere e risolvere problemi relativi lo sviluppo e il mantenimento di sistemi IoT.

*Autonomia di giudizio:*

- Capacità di applicare in modo autonomo scelte inerenti la progettazione di sistemi IoT.

*Abilità comunicative:*

- Capacità di descrivere in modo coerente e chiaro l'architettura e il funzionamento di un sistema IoT e dei suoi componenti.
- Capacità di formalizzare e descrivere in modo coerente e chiaro problemi e soluzioni inerenti la progettazione di sistemi IoT.

*Capacità di apprendere:*

- Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo.

## Prerequisiti

Superamento dei seguenti corsi:

- Informatica Industriale
- Automatic Control
- Elettronica e Sensori per Applicazioni Biomediche

## Contenuti

Architettura di uno Smart Object (SO)

Interconnessione di SO

Introduzione al concetto di “pila” protocollare

Internet Protocol e suo uso nella costruzione di applicazioni IoT

Protocolli di livello applicazione per l'IoT

Analisi dati per sistemi IoT

Security in sistemi IoT

## Metodi Didattici

Il corso si compone di lezioni frontali (50%), in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, e videolezioni (50%) in cui lo studente lavora individualmente su argomenti specifici successivamente discussi e approfonditi col docente.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo di due test intracorso, un homework e una prova orale.

L'homework mira ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione applicate alla formulazione di soluzioni e alla soluzione di problemi di progettazione di sistemi IoT.
2. autonomia di giudizio nella valutazione e nella scelta delle soluzioni a problemi di progettazione di sistemi IoT.

La prova orale e le prove intracorso mirano ad accertare

1. conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
2. abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti del corso.
3. capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di progettazione di sistemi IoT.

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto mediante una media pesata (50% sui punti 1 e 2, 50% sui punti 3 e 4) degli esiti delle prove espressi in trentesimi.

L'esame è superato se il candidato supera i 18/30.

L'attribuzione della lode è basata sul punto 5 e richiede, come condizione necessaria, il conseguimento di una votazione di 30/30.

## Testi

- David Hanes, Gonzalo Salgueiro, Patrick Grossetete, Rob Barton, Jerome Henry, “IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things”, CISCO Press

## MACHINE LEARNING & BIG DATA ANALYSIS

**Docente** Paolo Soda (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione.*

Il Corso di Machine Learning (ML) ha come principale obiettivo che gli studenti acquisiscano i concetti di base del Machine Learning, ovvero il settore della Computer Science che si occupa della realizzazione di sistemi e algoritmi che si basano su osservazioni come dati per la sintesi di nuova conoscenza. Ad esempio, l'apprendimento può avvenire catturando caratteristiche di interesse provenienti da esempi, strutture dati o sensori, per analizzarne e valutarne le relazioni tra le variabili osservate.

In particolare lo studente dovrà:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per l'apprendimento (ad es. teoria bayesiana della decisione, reti neurali, deep learning, classificatori lineari e kernel, metodi di combinazione dei classificatori, feature extraction e feature selection, etc.);
- Comprendere i metodi per la sintesi di nuova conoscenza;
- Comprendere i fondamenti dei metodi per la definizione di una procedura sperimentale e per la valutazione delle prestazioni;
- Comprendere la potenzialità del ML per lo sviluppo di applicazioni mediche, per la visione artificiale, per il big data analytics;
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo per l'applicazione dei metodi di ML.

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione.*

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper interpretare in modo appropriato i principali passi degli algoritmi per il ML;
- Acquisire la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione di classici problemi di classificazione, clustering e regressione;
- Saper affrontare un problema (semplice) di analisi dei dati per sintetizzare nuova conoscenza realizzando semplici sistemi decisionali (ad es. per prendere delle decisioni a seguito dell'elaborazione di un segnale, immagine o video);
- Saper utilizzare strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di ML.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente dovrà saper giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali. Dovrà inoltre sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati, e dovrà sapere valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

*Abilità comunicative*

Lo studente dovrà saper redigere presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali, e dovrà saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

*Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento che necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## Prerequisiti

Nessuno.

## Contenuti

- Introduzione, definizione del concetto di learning e del pattern recognition, definizioni varie, metodologia e processo di analisi, concetto di descrittore o feature;
- Modello del processo di analisi dei dati, semplice esempio di cosa significhi classificare sulla base dell'esperienza, esempio del riconoscimento ittico, overfitting, underfitting;
- Tipi di classificatori, classificazione supervisionata, non supervisionata, semi-supervisionata, regressione;
- Metodi di valutazione delle prestazioni, metodologie sperimentali, cross-validation, matrice di confusione, metriche derivate dalla matrice, di confusione, la curva ROC;
- Il teorema di Bayes e il classificatore bayesiano;
- Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni del kNN, considerazioni computazionali;
- Introduzione alle reti neurali, modello del neurone, funzioni di trasferimento
- Topologia delle reti, grafi; metodi di apprendimento (error-correcting learning, Boltzmann learning, competitive learning, Hebbian learning);
- Convergenza dell'algoritmo di stima pesi per singolo perceptron, soluzione del problema dell'AND;
- Multi layer perceptron (MLP), affidabilità delle decisioni del MLP, soluzione del problema dello XOR;
- Radial Basis Function (RBF), soluzione del problema dello XOR;
- Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, i tipi di kernel, affidabilità delle decisioni;
- Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria di problemi multiclasse;
- Sistemi Multi-Esperto: bagging e boosting, adaboost;
- Feature selection e PCA;
- Deep Learning and image classification: introduzione e review dell'uso delle reti neurali per la classificazione delle immagini, Convolutional Neural Network (CNN), sviluppo di CNN;
- Unsupervised learning, clustering;
- Algoritmi genetici (cenni);
- Metodi per la regressione;
- Metodi per l'analisi di grandi quantità di dati: i big data;
- Laboratorio: uso di Matlab per applicazioni di machine learning;
- Laboratorio: Python e/o Matlab per lo sviluppo di applicazioni che utilizzano il deep learning
- Laboratorio: la libreria Weka.

## Metodi Didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al calcolatore, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al calcolatore è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi in piccoli gruppi e da presentare in aula o in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione problemi di classificazione, clustering e regressione, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di ML.

Agli studenti verrà fornito un dataset reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio si può fornire un insieme di dati su un segnale biomedico acquisito con una certa metodica, richiedendo agli studenti di sviluppare un algoritmo in grado di predire il valore futuro del segnale stesso.

La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per il ML. Un esempio di domanda potrebbe essere: “esporre l’algoritmo di stima pesi per singolo perceptron”.

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, e il lavoro sperimentale determina variazioni positive o negative di alcuni punti del voto finale in funzione della maturità della soluzione adottata, della sua presentazione, e della capacità di discutere criticamente le scelte progettuali. Inoltre, il gruppo che otterrà i migliori risultati nel lavoro sperimentale, comunque superiori ad una certa soglia minima determinata sulla base della complessità del problema, avrà diritto ad +1/+2 punti sulla valutazione finale.

## Testi

- Bishop, Pattern recognition and machine learning. Springer, 2006
- Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012
- Haykin, Neural Network - A comprehensive foundation. McMillan 2004.
- Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics.
- Charu C. Aggarwal - Data Mining The Textbook. Springer 2015.
- Dispense fornite dal docente inerenti il deep learning

# MECCATRONICA PER I SISTEMI BIOMEDICALI

**Docente** Domenico Formica (Tit.); Fabrizio Taffoni

**Periodo** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi

Obiettivi Formativi

Il corso mira a rendere lo studente in grado di: (i) analizzare criticamente dispositivi, macchine e sistemi biomedicali per ricostruire l’architettura funzionale e la logica delle scelte progettuali, (ii) valutare lo stato dell’arte relativo a problemi tecnici specifici e riutilizzarlo (iii) progettare sistemi che integrano meccanica, elettronica e informatica, con una ripartizione ottimale delle funzioni; (iv) gestire l’acquisizione e l’elaborazione di flussi dati multimodali.

Accanto alle conoscenze teoriche di cui sopra, lo studente svilupperà competenze nell’uso di strumenti software per: l’analisi di dati e simulazione di sistemi meccatronici; la programmazione di microcontrollori; la progettazione di schede elettroniche.

Risultati di apprendimento attesi

- *Conoscenza e capacità di comprensione*: conoscenza delle principali caratteristiche e componenti dei dispositivi meccatronici per applicazioni biomedicali; conoscenza delle principali tecniche di progettazione di dispositivi meccatronici e delle principali tecnologie di fabbricazione degli stessi.
- *Conoscenza e capacità di comprensione applicate*: capacità di definire i requisiti e le specifiche tecniche di un sistema meccatronico; capacità di selezionare i componenti commerciali più appropriati per l’applicazione richiesta e di progettare i componenti meccanici ed elettronici non disponibili sul mercato.

- *Autonomia di giudizio*: capacità di valutare e discutere in autonomia le diverse soluzioni progettuali che si hanno a disposizione durante la progettazione di un sistema meccatronico, valutando i pro e i contro delle diverse soluzioni proposte; capacità di valutare le funzionalità e le performance di un sistema meccatronico rispetto ai requisiti richiesti.
- *Abilità comunicative*: capacità di spiegare con chiarezza, utilizzando i termini tecnico-scientifici appropriati, le caratteristiche delle componenti principali di un sistema meccatronico (sensori, attuatori, microcontrollori, firmware); capacità di presentare in maniera chiara ed esaustiva le scelte progettuali fatte durante lo svolgimento del progetto di laboratorio.
- *Capacità di apprendere*: la metodologia fornita durante le lezioni frontali e soprattutto durante le esercitazioni di laboratorio dovrebbero consentire allo studente di utilizzare in autonomia nuovi componenti elettronici e meccanici anche al di fuori di quelli presentati a lezione, e di progettare autonomamente parti di un sistema meccatronico secondo le specifiche richieste.

## Prerequisiti

Elettronica analogica e digitale (livello elementare)

Meccanica applicata alle macchine

Linguaggio C

## Contenuti

**MODULO 1:** Introduzione alla biomeccatronica; richiami teorici, basi di progettazione meccatronica, modellazione dei sistemi.

Introduzione alla biomeccatronica; richiami di teoria dei sistemi: classificazione e sistemi di ordine 0,1,2; funzione di trasferimento e modo proprio di un sistema; risposta armonica e diagramma di Bode. Modellazione dei sistemi fisici principi generali di modellazione; principi di modellazione (equivalenze/esempi).

**MODULO 2:** Elettronica per sistemi embedded.

Microcontrollori per la meccatronica e progettazione elettronica; principi di progettazione PCB; introduzione ai microcontrollori e criteri di scelta; principali periferiche dei microcontrollori per sistemi embedded: il microcontrollore PIC16F887A; introduzione all'ambiente di sviluppo CCS; esempi di programmazione; esercitazioni di laboratorio sull'ambiente di programmazione CCS.

**MODULO 3:** Percezione artificiale nei sistemi meccatronici.

Definizione di sensore e di trasduttore, classificazione dei trasduttori, proprietà principali dei sensori. Funzione dei sensori nei sistemi meccatronici e classificazione dei sensori artificiali. Sensori di posizione: switch, encoders, potenziometri, sensori a effetto Hall. Misurazione della distanza: triangolazione, tempo di volo. Sensori di prossimità: sensori a ultrasuoni e a infrarossi. Sensori di forza: effetto piezoresistivo e strain gauge, sensori di forza/coppia. Accelerometri e giroscopi, applicazioni in meccatronica e robotica. Sensori Magnetici. Esempio di sistema vestibolare artificiale.

**MODULO 4** Attuatori convenzionali per sistemi biomeccatronici e controllo di basso livello.

Classificazione e principi di funzionamento degli attuatori per macchine biomeccatroniche. Criteri di scelta e dimensionamento dei sistemi di attuazione. Motori elettrici: motori DC, brushless e stepper. Architetture di controllo, controllo a retroazione, implementazione del controllore. Sorgenti di energia per sistemi meccatronici. Materiali a memoria di forma e piezoelettrici. Descrizione delle principali componenti meccaniche per sistemi meccatronici. Tecnologie di fabbricazione.

**MODULO 5** Progetto in Laboratorio.

Progetto sperimentale svolto dallo studente come parte integrante del corso. Il progetto è svolto presso il Laboratorio Didattico e presso il Laboratorio di Robotica Biomedica e Biomicrosistemi dell'Università Campus Bio-Medico di Roma con le attrezzature sperimentali, i componenti e i sistemi meccatronici e robotici disponibili presso tali laboratori.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali in cui si affrontano i principali elementi teorici oggetto del corso; queste lezioni occuperanno circa 80 ore di didattica frontale.

Esercitazioni in aula o in laboratorio per trasferire competenze pratiche legate alla progettazione di sistemi meccatronici e biomeccatronici.

Laboratori didattici, in cui gli studenti sono chiamati ad affinare la propria capacità di risolvere problemi concreti applicando le conoscenze teoriche attraverso competenze pratiche apprese durante le esercitazioni.

Progetti di gruppo, per affinare le capacità di lavoro di gruppo. Gli studenti, suddivisi in gruppi eterogenei di massimo sette componenti, sono chiamati progettare e sviluppare soluzioni ad un problema pratico definito all'inizio del secondo semestre.

Complessivamente si prevede che le esercitazioni di laboratorio occuperanno circa 40 ore di corso.

## **Verifica dell'apprendimento**

È previsto un esame orale quale mezzo di verifica delle competenze e delle conoscenze acquisite dallo studente. Il voto finale dell'esame è espresso in trentesimi. L'esame si considera superato se il voto conseguito è superiore a 18/30.

Al fine di valutare le conoscenze acquisite, ciascuno studente sarà sentito da almeno due membri della commissione d'esame in maniera indipendente.

Uno dei due membri verificherà l'acquisizione delle conoscenze teoriche oggetto del corso di biomeccatronica; l'altro verificherà la capacità dello studente di applicare le competenze apprese attraverso la discussione del progetto realizzato. Ogni membro assegnerà un voto massimo di 33 e alla fine dell'interrogazione il voto complessivo sarà dato dalla media aritmetica delle votazioni assegnate dai due membri della commissione d'esame. La lode sarà data per un punteggio finale superiore a 31.5 a condizione che entrambi i commissari siano d'accordo.

## **Testi**

Dispense e materiali didattici forniti dal docente tramite la piattaforma di e-learning del campus: <http://elearning.unicampus.it>

# **MISURE E STRUMENTAZIONE PER LA DIAGNOSTICA CLINICA (C.I.)**

**Docenti** Sergio Silvestri (Tit.); Vittoradolfo Tambone

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi**

Scopo del corso è quello di fornire allo studente le informazioni necessarie per la conoscenza dei principi su cui è fondata la strumentazione biomedica maggiormente utilizzata per la diagnostica e la terapia. L'aspetto formativo sui fondamenti viene integrato dalla analisi delle principali tecnologie e dall'approfondimento di quanto attiene la struttura progettuale dell'apparecchiatura ai fini dell'assolvimento della funzione diagnostica o di supporto terapeutico. I fenomeni di interazione paziente-apparecchiatura ed apparecchiatura-impianto vengono analizzati con particolare riguardo a quanto inerente la qualità diagnostica e la sicurezza.

L'obiettivo del corso è di fornire le basi su cui formare una figura professionale che, partendo dalla conoscenza dei principi della strumentazione medica, sia in grado di analizzare le criticità dei dispositivi elettromedicali, ideare semplici sistemi diagnostici innovativi, effettuare la scelta della tecnologia più adatta in base alle

necessità cliniche.

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti la strumentazione biomedica di uso clinico, la conoscenza dei principi di funzionamento e di alcuni dettagli tecnologici della strumentazione biomedica maggiormente diffusa ed utilizzata in ambito sanitario.

#### *Capacità applicative*

Lo studente dovrà essere in grado di descrivere il principio di funzionamento di uno strumento per la diagnostica clinica o la terapia anche in relazione alla fisiologia umana. Dovrà essere in grado di scegliere e valutare l'impiego di un sistema volto a soddisfare specifiche necessità di misura o monitoraggio, in ambito clinico.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo logico a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

Nessuno

## **Contenuti**

Introduzione (3 h lezione)

La strumentazione biomedicale: finalità, progettazione ed impiego. L'ingegnere clinico e la sua formazione. Il sistema ospedale: modi di operare delle diverse professionalità. Compiti dell'ingegnere clinico: valutazioni tecnico-economiche della strumentazione biomedica, sicurezza di esercizio, gestione della manutenzione. Avanzamento tecnologico. Interfaccia uomo-macchina e macchina-impianto.

Misure dei parametri caratteristici della meccanica polmonare (5 h lezione)

Comportamento meccanico dei polmoni. Modellistica. Grandezze fondamentali della meccanica polmonare. Spirometria. Pneumotacografia. Pletismografia.

Macchine per anestesia (7 h lezione 5 esercitazione)

Introduzione e principio di funzionamento. Schema di principio. Agenti anestetici principali. Vaporizzatore. Circuito paziente chiuso ed aperto.

Ventilatori polmonari (5 h lezione 5 h esercitazione)

Schema di principio di un ventilatore polmonare. Metodi di rilevamento dei parametri respiratori. Modelli e tecniche di ventilazione. Ventilazione in alta frequenza. Ventilatori per anestesia e terapia intensiva. Analisi dei gas. Umidificazione.

La misura della pressione sanguigna (7 h lezione)

Introduzione e fisiologia. Metodi non invasivi: metodo del polso, auscultatorio, oscillometrico. Considerazioni sulle cause di errore con metodi non invasivi. Metodi invasivi, cause di errore, analisi delle caratteristiche metrologiche del sistema di misura con catetere.

Pompe per infusione (3 h lezione)

Introduzione e modalità di infusione. Metodo gravimetrico. Pompe peristaltiche lineari e rotatorie. Schema funzionale di una pompa a controllo gocce. Prestazioni delle pompe. Continuity Variance.

Elettrocardiografo ed elettroencefalografo (7 h lezione)

Rilevamento dei potenziali cardiaci. Schema di principio di un elettrocardiografo. Prestazioni degli elettrocardiografi. Elettrocardiografi policanali. L'elettroencefalogramma. EJB. Sistema 10-20. Potenziali evocati. Elettroencefalografi digitali.

Pacemaker (3 h lezione)

Funzione del pacemaker e schema di principio. Pacemaker sincrono ed asincrono. Codice ICHD. Alimentazione. Elettrocatereteri. Programmazione del pacemaker e controllo del paziente.

Defibrillatore (5 h lezione)

Defibrillatore in corrente alternata e continua. Impiego sincronizzato. Defibrillatori impiantabili.

Elettrobisturi (5 h lezione)

Effetti della corrente nel corpo umano. Tecniche di taglio, coagulo e miste. Classificazione degli elettrobisturi. Elettrodo neutro. Schema di principio del circuito elettrobisturi-paziente. Rischi della corrente di dispersione.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali in cui vengono descritti ed analizzati gli argomenti del corso con l'ausilio di esempi pratici che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (50 ore). Esercitazioni dimostrative di tipo applicativo in laboratorio (10 ore).

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene richiesto di esporre argomenti specifici e di saper applicare i concetti appresi a casi concreti. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato solo se si conseguirà una votazione maggiore o uguale a 18/30.

Al fine di valutare le conoscenze e competenze acquisite, a ciascuno studente sarà chiesto di esporre due argomenti dai docenti. Per ciascun argomento, sulla base di domande di difficoltà crescente poste dal docente, lo studente dovrà dimostrare conoscenza in merito all'argomento e la solidità delle conoscenze di base che ne sono il fondamento, eventualmente può essere chiesto di dimostrare la competenza nell'applicazione delle conoscenze a casi concreti. A ciascun argomento i docenti assegneranno fino ad un massimo di 31 punti. Al termine dell'interrogazione il voto assegnato sarà la media dei punti ottenuti dallo studente per ciascun argomento. La lode sarà assegnata per un punteggio finale superiore a 30.

## **Testi**

- F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I, Springer

# PRINCIPI DI PROGETTAZIONE ERGONOMICA

**Docente** Loredana Zollo (Tit.); Stefania Spada; Francesco Draicchio  
**Periodo** Secondo ciclo semestrale

## Obiettivi formativi

Capacità di applicare conoscenze teoriche e comprensione: Il corso si propone di introdurre al settore della Ergonomia e fornire allo Studente:

- 1) solide conoscenze teoriche per analizzare, valutare e progettare ambienti di lavoro attraverso un approccio di tipo "user-centred", che guarda alla salvaguardia del benessere e della salute dell'uomo con un'azione di tipo preventivo;
- 2) abilità che si possono riassumere in:
  - (i) basi pratiche per l'analisi, la valutazione e la progettazione ergonomica dello spazio di lavoro, con particolare riferimento alle linee di produzione industriale e agli ambienti d'ufficio;
  - (ii) competenze sugli strumenti di modellazione e progettazione.

Autonomia di giudizio: gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi su tematiche trattate in aula e di attività pratiche di analisi e valutazione ergonomica attraverso strumenti di analisi comportamentale e strumenti di modellazione.

Capacità di apprendimento: il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative e soft skill: L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare abilità relative alla sfera delle abilità comunicative e delle soft-skill per operare in team e in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale e attraverso la conduzione di esercitazioni in aula che richiedono la messa in pratica delle nozioni teoriche apprese.

## Prerequisiti

Non richiesti

## Contenuti del Corso:

- Introduzione (4 ore) – Definizioni; Obiettivi dell'ergonomia; Descrizione dei suoi ambiti di intervento (fisica, cognitiva, organizzativa).
- Modulo sui fondamenti dell' ergonomia (10 ore):
  - Elementi di Antropometria: dati antropometrici statici e funzionali, database e tecniche di scaling, aree e volumi di raggiungibilità; – Richiami di biomeccanica: movimenti, attività muscolare statica e dinamica, forza muscolare, postura eretta e postura assisa; elementi di fisiologia del lavoro: costo metabolico delle attività, ambienti termici, illuminamento, rumore; – Azione umana e errore.
- Modulo di progettazione dello spazio di lavoro (30 ore):
  - Progettazione centrata sull'utente; Progettazione di linee di produzione industriale; Progettazione di ambienti di ufficio; Work measurement e speed accuracy trade-off; Norme e standard di valutazione delle attività di movimentazione manuale dei carichi, delle attività che comportano movimenti ripetuti dell'arto superiore, e delle posture statiche (ISO 11228-1, 11228-2, 11228-3, 11226).

- Modulo sull' interazione uomo-macchina (4 ore):
  - Principi dell' interazione uomo-macchina; Valutazione “human-oriented” dei robot collaborativi e degli esoscheletri.

### **Metodi Didattici**

Lezioni frontali (32 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e casi di studio sull'applicazione a problemi specifici.

Seminari (4 ore) su alcune applicazioni dell'ergonomia, per esempio sull'ottimizzazione delle linee di produzione industriale e sulla progettazione degli ambienti d'ufficio.

Esercitazioni in aula (12 ore) per insegnare l'uso di alcuni strumenti hardware e software per l'analisi, la valutazione e la progettazione ergonomica.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale.

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata da una commissione costituita dai docenti del corso, che verificheranno l'apprendimento delle conoscenze teoriche oggetto del corso, e dai tutor del corso, ai quali gli studenti dovranno mostrare la loro capacità di applicare le conoscenze teoriche ad un problema pratico.

Durante la prova orale la commissione esaminatrice farà tre domande volte ad accertare la conoscenza da parte dello studente degli argomenti trattati a lezione. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti).

La valutazione finale viene formulata come media aritmetica delle valutazioni sulle tre domande. La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove raggiungendo un punteggio finale superiore a 30/30.

### **Testi di riferimento**

- MS Sanders, EJ McCormick “Human Factors In Engineering and Design”- Mc Graw Hill.
  - D Meister, TP Enderwick “Human factors in system design, development and testing” – Taylor & Francis
- Dispense e materiali didattici forniti dal docente.

### **Bibliografia aggiuntiva**

- Donald A. Norman, La caffettiera del Masochista, Editore: Giunti, Anno edizione: 1997, ISBN: 88-09-21027-1

# ROBOTICA INDUSTRIALE E MEDICA

**Docente** Loredana Zollo (Tit.); Marco Gobetto  
**Periodo** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Il corso si propone di introdurre al settore della Robotica Medica e Industriale e fornire allo Studente:

- 1) solide conoscenze teoriche per l'analisi, la modellazione, la progettazione e lo sviluppo di sistemi robotici per applicazioni mediche ed industriali;
- 2) abilità che si possono riassumere in:
  - basi pratiche per l'analisi, lo sviluppo ed il controllo di sistemi robotici;
  - competenze sugli strumenti di modellazione e progettazione di sistemi robotici.

Autonomia di giudizio: gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi su tematiche trattate in aula e di attività di progettazione e sviluppo di una struttura robotica semplice attraverso l'uso di kit didattici.

Capacità di apprendimento: il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite negli studi precedenti, e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative e soft skill: L'insegnamento si propone inoltre di sviluppare abilità relative alla sfera delle abilità comunicative e delle soft-skill per operare in team e in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale e attraverso la conduzione di attività di gruppo tese allo svolgimento di attività progettuali semplici che richiedono la messa in pratica delle nozioni teoriche apprese.

## Prerequisiti

Non richiesti

## Contenuti

- Introduzione (2 ore) - definizione di robotica industriale e biomedica; principali strutture di manipolatori e componenti base.
- Modulo di fondamenti di Robotica (64 ore):
  - Cinematica dei robot – Richiami di algebra matriciale; Coppie cinematiche e cinematismi; Vincoli olonomi e anolonomi; Cenni di analisi e sintesi di cinematismi; Richiami di cinematica del corpo rigido; Posizione ed orientamento di un corpo rigido; Matrici di Rotazione; Angoli di Eulero; Asse/angolo e quaternioni; Cinematica diretta.
  - Cinematica differenziale e statica – Cinematica differenziale; Jacobiano geometrico e jacobiano analitico; Singularità cinematiche; Ridondanza; Cinematica inversa e algoritmi di inversione cinematica; Statica; Ellissoidi di manipolabilità.
  - Dinamica dei robot – Tecniche di calcolo del modello dinamico; Formulazione di Lagrange; Dinamica diretta e inversa; Proprietà del modello dinamico; Modello dinamico nello spazio operativo; Tecniche di identificazione parametrica ed estrazione dei parametri dinamici da CAD.
  - Pianificazione di traiettoria – Traiettorie nello spazio dei giunti; traiettorie nello spazio operativo.
  - Sistemi di controllo dei robot – Sistemi di controllo in tensione; Sistemi di controllo in coppia; Controllo

- nello spazio dei giunti e nello spazio operativo; Controllo PID; Controllo PD più compensazione di gravità; Controllo a dinamica inversa.
- Sistemi di controllo di interazione – Schemi di controllo diretto ed indiretto dell'interazione: classificazione e formulazione matematica; Controllo di cedevolezza; controllo di impedenza; controlli di forza.
  - Asservimento visuale – Principali tecniche di asservimento visuale con enfasi sull'approccio cinematico 'image-based visual servoing'.
  - Modulo di Operations Management in Automotive Industries (16 ore) – Manufacturing Engineering and Equipment Efficiency Evaluation, Work Analysis and Labour Productivity Evaluation Criteria, Manufacturing System Management and Maintenance Criteria.
  - Reti Neurali (2 ore) – Concetto di neurone (struttura e funzionamento) e neurone artificiale; Reti neurali artificiali (caratteristiche generali, funzionamento, classificazione delle architetture e degli algoritmi di apprendimento, applicazioni, esempi applicativi nelle neuroscienze e nella robotica); Central Pattern Generator (esempi negli animali, esempi di applicazioni nella robotica, metodologie di progettazione); Esempio applicativo delle reti neurali e dei CPG: manipolazione ciclica.
  - Robotica riabilitativa (2 ore) – Definizione e applicazioni (neuro-riabilitazione e assistenza); cenni generali.
  - Modulo di Robotica per diagnosi e chirurgia (24 ore) – Definizione e applicazioni (MIS, MIT, CAS); chirurgia e telechirurgia; Classificazione dei robot per chirurgia; Feedback aptico ed interfacce aptiche; Sistemi Master-Slave; Casi di studio di robot per applicazioni chirurgiche (robot Da Vinci, Zeus, KUKA/LWR, Phantom, Novint Falcon); cinematica, dinamica e controllo; Architetture di controllo per sistemi teleoperati.
  - Modulo di Protesica dell'arto superiore (10 ore) – Introduzione alla protesica di arto superiore; Test funzionali; Tatto artificiale per le neuroprotesi; Progressi nella progettazione, sviluppo e controllo di nuove protesi; Protesi con interfacciamento neurale e controllo bidirezionale (le esperienze UCBM).

## Metodi Didattici

Lezioni frontali (80 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Seminari (10 ore) su specifiche applicazioni biomediche della robotica, per esempio su protesica di arto superiore o inferiore, chirurgia robotica, riabilitazione robot-mediata.

Esercitazioni in aula e laboratori didattici (25 ore) per insegnare l'uso degli strumenti hardware e software necessari per lo sviluppo ed il controllo dei robot (MATLAB, Simulink, Lego Mindstorm EV3). Esercitazioni in aula (5 ore) per fornire agli studenti gli strumenti necessari per lo svolgimento della prova intercorso programmata a fine primo semestre.

Progetti di gruppo nei quali gli studenti metteranno in pratica gli insegnamenti appresi durante le lezioni frontali. I gruppi saranno composti da un massimo di 7 studenti e dovranno occuparsi dello sviluppo di un sistema robotico per l'esecuzione di un compito specifico definito all'inizio del corso attraverso la costruzione di un manipolatore robotico con Lego Mindstorm EV3 e lo sviluppo dei moduli di controllo e di pianificazione in ambiente MATLAB/Simulink.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale e presentazione dei progettini che prevedono l'uso congiunto del kit Lego Mindstorm EV3 e dei pacchetti software MATLAB e Simulink.

A fine primo semestre sarà inoltre possibile sostenere una prova intercorso per la valutazione dei seguenti argomenti: cinematica diretta ed inversa, cinematica differenziale, statica e pianificazione di traiettoria.

La valutazione delle conoscenze acquisite verrà effettuata dal docente, che verificherà l'apprendimento delle conoscenze teoriche oggetto del corso, e dai tutor del corso, ai quali gli studenti dovranno mostrare, tramite la discussione del progetto realizzato, la loro capacità di applicare le conoscenze teoriche ad un problema pratico.

Durante la prova orale il docente farà tre domande volte ad accertare la conoscenza teorica da parte dello

studente degli argomenti trattati a lezione. Due domande faranno riferimento al modulo di fondamenti di robotica ed una domanda farà riferimento agli argomenti degli altri moduli. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti).

La presentazione del progetto consiste in una demo del sistema robotico realizzato con il kit Lego Mindstorm EV3 ed una illustrazione dei metodi applicati e dei risultati raggiunti tramite l'utilizzo di slide. Tutti i progettini verranno presentati e discussi alla fine del corso o comunque prima del primo appello d'esame. In sede di discussione dei progettini verranno poste domande specifiche a ciascuno studente per valutare l'apporto individuale al lavoro complessivo.

La valutazione finale viene formulata secondo la seguente regola:

13/15 del voto finale assegnato mediante la prova orale;

2/15 del voto finale assegnato mediante la presentazione dei progettini.

Nel caso di superamento della prova intercorso:

3/5 del voto finale assegnato mediante la prova orale;

4/15 del voto finale assegnato mediante la prova intercorso;

2/15 del voto finale assegnato mediante la presentazione dei progettini.

La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove raggiungendo un punteggio finale superiore a 30/30.

## Testi

- B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, *Robotics - Modelling, Planning and Control*, Springer 2010.
- M. Gobetto - *Operations Management in Automotive Industries*, Springer Series in Advanced Manufacturing, 2014.
- M. Tavakoli, R.V. Patel, M. Moallem, A. Aziminejad, *Haptics for Teleoperated Surgical Robotic Systems*, New Frontiers in Robotics series, World Scientific, 2008.

Dispense e materiali didattici forniti dal docente.

Bibliografia aggiuntiva:

- R. M. Murray, Z. Li and S. S. Sastry, *A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation*, CRC Press, 1994.
- B. Siciliano, L. Villani, *Robot force control*, Kluwer, Academic Publishers, Boston, 1999.
- D.M. Gorinevsky, A.M. Formalsky, A. Yu. Schneider, *Force control of robotics systems*, CRC Press, Boca Raton, 1997.
- J. J. Craig, *Introduction to Robotics - Mechanics and Control*, Pearson Prentice-Hall, 2005.
- B. Siciliano and O. Khatib Eds., *Handbook of Robotics*, Springer 2008
- J. Rosen, B. Hannaford, R.M. Satava, *Surgical Robotics – Systems Applications and Visions*, Springer 2011.

## SISTEMI BIONICI E NEUROINGEGNERIA

**Docente** Domenico Formica (Tit.); Giovanni Di Pino

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Obiettivi formativi

Il corso affronta una tematica di frontiera all'intersezione tra Bioingegneria, Neuroscienze e Robotica, con un approccio fortemente interdisciplinare e un costante riferimento ai più recenti risultati di ricerca a livello internazionale.

L'obiettivo didattico del corso è quello di fornire allo studente conoscenze teoriche e pratiche sui temi riguardanti la neuroingegneria e i sistemi bionici: basi di neurofisiologia, modelli teorici e sperimentali di controllo motorio umano, interfacce neurali, tecnologie meccatroniche e robotiche per la ricerca in Neuroscienze.

Inoltre gli studenti dovranno essere in grado alla fine del corso di comprendere e replicare, lavorando in piccoli gruppi, un esperimento scientifico di rilievo nell'ambito della neuroingegneria, e di analizzare e discutere criticamente i risultati ottenuti.

Risultati di apprendimento attesi

- *Conoscenza e capacità di comprensione*: conoscenza delle principali caratteristiche anatomico-funzionali del sistema neuro-muscolare e dei modelli matematici che ne simulano il comportamento; conoscenza delle principali tecnologie utilizzate per studiare o interfacciarsi con il sistema nervoso.
- *Conoscenza e capacità di comprensione applicate*: capacità di applicare i modelli studiati a dati sperimentali acquisiti su soggetti sani o pazienti; capacità di utilizzare le principali tecnologie disponibili in protocolli sperimentali su uomo per lo studio del sistema nervoso e per l'interfacciamento dello stesso con componenti artificiali.
- *Autonomia di giudizio*: capacità di valutare e discutere in autonomia i dati dello studio sperimentale riprodotto in laboratorio rispetto alle ipotesi scientifiche alla base dello stesso; capacità di valutare e scegliere le interfacce neurali più appropriate per una specifica applicazione nel campo dei sistemi bionici.
- *Abilità comunicative*: capacità di spiegare con chiarezza, utilizzando i termini tecnico-scientifici appropriati, le principali nozioni fornite durante le lezioni frontali e i seminari del corso; capacità di presentare in maniera chiara ed esaustiva i risultati dello studio sperimentale condotto durante le esercitazioni di laboratorio.
- *Capacità di apprendere*: la metodologia fornita durante le lezioni frontali e soprattutto durante le esercitazioni di laboratorio dovrebbero consentire allo studente di apprendere e approfondire in autonomia altri argomenti in questo ambito anche non se non trattati durante il corso.

### Prerequisiti

Nessuno

### Contenuti

Durante le lezioni in aula e le esercitazioni di laboratorio agli studenti saranno fornite conoscenze teoriche e pratiche sui seguenti principali argomenti:

- Modelli Neurofisiologici: Richiami di neurofisiologia, con particolare attenzione alla fisiologia delle cellule "eccitabili". Presentazione di modelli matematici delle membrane eccitabili, trattazione teorica del modello di Hodgkin&Huxley e simulazione in MATLAB, descrizione di simulatori open-source (NEURON) per la simulazione della connettività tra cellule neurali; modelli neuromuscolari e dei riflessi spinale. (circa 14 ore)

- Modelli teorici e sperimentali di controllo motorio umano: Basi fisiologiche del sistema neuro-motorio umano, descrizione delle vie cortico-spinali, del sistema extrapiramidale e del cervelletto, presentazione delle teorie classiche sul controllo motorio ("equilibrium point hypothesis", modelli di controllo motorio a "minimum jerk" e "minimum torque-change"). Descrizione e presentazione della teoria dei "modelli interni" per l'apprendimento di diversi compiti motori. (circa 10 ore)
- Basi anatomiche e fisiologiche della plasticità cerebrale. Plasticità Hebbiana e base delle reti neurali. Implicazioni in apprendimento, memoria, recupero dal danno. Studio dei sistemi di imaging funzionale dell'attività cerebrale e delle vie sensorimotorie del sistema nervoso periferico: EEG, MEG, fMRI, ENG, EMG, Potenziali Evocati. Attività pratica in laboratorio di Neurofisiologia Clinica. Tecnologie meccatroniche e robotiche per la ricerca in Neuroscienze: Applicazione di sistemi robotici per la validazione sperimentale di modelli neuroscientifici. (circa 6 ore)
- Interfacce Neurali: Tecnologie per l'interfacciamento invasivo e non invasivo tra il sistema nervoso naturale e sistemi e macchine artificiali. Requisiti neurofisiologici, classificazione e criteri di progetto di interfacce invasive corticali e periferiche, cenni sulle soluzioni per l'elaborazione e l'interpretazione dei segnali neurali, interfacce invasive bidirezionali e stimolazione neurale. Interfacce neurali non invasive basate su sistemi di imaging cerebrale. Analisi dei sistemi tf-LIFE e TIME e di altri casi applicativi di interfacce invasive e non invasive. Descrizione delle tecniche di elaborazione dei segnali neurali per l'estrazione di informazioni utili a controllare neuro protesi, computer o altri ausili. (circa 6 ore)
- Esercitazioni in laboratorio con lo scopo di replicare, lavorando in piccoli gruppi, un esperimento scientifico di rilievo nell'ambito della neuroingegneria, e di analizzare e discutere criticamente i risultati ottenuti. (circa 14 ore)

## Metodi didattici

Il corso è composto da una serie di 16-17 lezioni frontali sui principali argomenti descritti sopra (per un totale di circa 32 ore), seguite da 1-2 seminari su alcuni aspetti di frontiera della ricerca in questo ambito (circa 4 ore di lezione), tenuti da esperti italiani e internazionali. L'ultima parte del corso (circa 1/3 del tempo totale, circa 14 ore) è organizzata nel NEXTlab del Campus Bio-Medico di Roma per permettere agli studenti di eseguire gli esperimenti scientifici che devono replicare.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento degli obiettivi formativi verrà fatta tramite: (i) la presentazione da parte di ogni gruppo di studenti dell'esperimento scientifico replicato in laboratorio e la discussione dei risultati ottenuti; (ii) un colloquio orale per la valutazione di come lo studente ha acquisito le basi teoriche del corso, che consisterà di almeno 2 domande a complessità crescente chieste da almeno 2 membri della commissione d'esame.

La valutazione finale dello studente verrà attribuita tramite una media pesata dei singoli voti, espressi in trentesimi, della presentazione dell'esperimento scientifico e del colloquio orale. Ai fini della determinazione del voto finale la presentazione dell'esperimento scientifico peserà per 1/3 del voto finale e il colloquio finale per i restanti 2/3.

## Testi

Dispense e materiali didattici forniti dal docente tramite la piattaforma di e-learning del campus:

<http://elearning.unicampus.it> .

Bibliografia aggiuntiva:

- Akay M (Ed), Handbook of Neural Engineering, IEEE Press Series in Biomedical Engineering, Wiley/IEEE Press (Vol. I and Vol. II).
- Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessel, Principi di Neuroscienze, III edizione, CEA Ed.
- Shadmehr R and Wise SP, "Computational Neurobiology of Reaching and Pointing. A Foundation for Motor Learning", MIT Press, Cambridge, MA, 2005.

- Schomer, D. L. and F. L. Da Silva (2012). Niedermeier's electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields, Wolters Kluwer Health.

## **STRUMENTAZIONE DIAGNOSTICA DI MEDICINA NUCLEARE**

**Docente** Luciano Mirarchi (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

#### a) obiettivi formativi

Tecniche di produzione ed impiego dei più comuni radio farmaci.

Tecnologie delle macchine e dagli impianti per ottenere immagini anatomico-funzionali con la metodica medico-nucleare.

Imaging ibrido.

Comparazione delle diverse macchine

Adeguatezza tecnologica ed impiego nelle diverse applicazioni cliniche

#### b) risultati di apprendimento attesi

Acquisire le conoscenze e la capacità di comprensione delle metodiche di imaging in Medicina Nucleare.

Prendendo in esame le caratteristiche tecnico-qualitative delle varie macchine, lo studente sarà in grado di comprendere come effettuare una corretta scelta degli impianti, potrà analizzare in autonomia la collocazione in un reparto di Medicina Nucleare, potrà applicare ed elaborare idee originali per una corretta gestione tecnica degli impianti.

### **Contenuti**

Radionuclidi e radiofarmaci per diagnostica: produzione ed impiego in Medicina Nucleare per gli esami anatomico-funzionali. Dosimetria dell'attività nucleare, cenni di strumentazione per la rivelazione e conteggio. Organizzazione e progetto di un reparto di Medicina Nucleare. Principio di funzionamento della Gamma Camera, tubo fotomoltiplicatore e cristallo a scintillazione, tuning e peaking, PHA, count rate. Acquisizione e ricostruzione dell'immagine, uniformità, flatness e calibrazione della Gamma Camera. Gamma Camera Dual Head, Single Head. Principi di SPECT e PET: acquisizione e ricostruzione dell'immagine. Tecnologia e caratteristiche di una PET. I vantaggi dell'imaging ibrido, la tecnologia delle macchine SPECT-CT, PET-CT, PET-MR.

### **Prerequisiti**

Nessun prerequisito oltre a quelli richiesti per l'accesso al corso di Laurea Magistrale

### **Metodi didattici**

Lezioni frontali per 45 ore in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Preparazione di un progetto, che richiederà un impegno di 8 ore, di un reparto di Medicina Nucleare e di relazioni tecniche tipicamente richieste ad un ingegnere. Esercitazioni pratiche della durata di 8 ore complessive su macchina SPECT CT per la verifica pratica dei principi teorici studiati. Qualora gli studenti ritenessero necessario rafforzare le conoscenze o perfezionare le competenze, saranno pianificate lezioni di recupero. Sarà organizzata una visita guidata della durata di una giornata presso una importante azienda del settore per vedere nella pratica i processi produttivi dei macchinari.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze acquisite vengono verificate mediante una prova orale in cui, con almeno 3 domande, viene chiesto di illustrare le diverse caratteristiche delle macchine di Medicina Nucleare, di valutare le performance delle apparecchiature che tipicamente si trovano in un reparto, di analizzare l'adeguatezza del progetto di Reparto di Medicina Nucleare rilevando errori e proponendo modifiche per rispondere alla normativa vigente.

Verrà chiesto di preparare tabelle di confronto fra tecnologie e/o una sintetica relazione tecnica per almeno 5 pagine su un quesito di ingegneria clinica applicata alle macchine studiate con una breve esercitazione numerica per dimostrare l'abilità a calcolare decadimenti radioattivi e parametri funzionali dei generatori di radionuclidi.

Per conseguire la votazione massima sarà necessaria una corretta esposizione degli argomenti ed una appropriatezza di linguaggio ingegneristico alla prova orale che peserà per il 70% sul voto finale. Il corretto e completo svolgimento della breve prova scritta permetterà di raggiungere la votazione massima

## Testi

Testi consigliati

- Powsner: *Essential Nuclear Medicine Physics* ; Blackwell Publishing Ltd
- Donald R. Bernier, Paul Christian (CNMT.), James K. Langan :
- *Nuclear medicine: technology and techniques* ; Mosby, 1997

Sul sito <http://moodle.unicampus.it/> sono disponibili le slide usate durante il corso, esempi, esercizi svolti, esercizi di esame.

# STRUMENTAZIONE DIAGNOSTICA PER IMMAGINI

**Docente** Sergio Silvestri (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Scopo del corso è quello di fornire allo studente le informazioni necessarie per la conoscenza dei principi su cui è fondata la strumentazione diagnostica per immagini maggiormente utilizzata nelle strutture ospedaliere. L'aspetto formativo sui fondamentali viene integrato dalla analisi delle principali tecnologie e dall'approfondimento di quanto attiene la struttura progettuale dell'apparecchiatura ai fini dell'assolvimento della funzione diagnostica. La forte incidenza di tali apparecchiature dal punto di vista economico rende necessaria una conoscenza approfondita delle principali criticità, dei parametri fisici cui sono legate le prestazioni e dei fenomeni che determinano la qualità dell'immagine prodotta. I fenomeni di interazione paziente-apparecchiatura ed apparecchiatura-impianto vengono analizzati con particolare riguardo a quanto inerente la qualità diagnostica e la sicurezza.

L'obiettivo del corso è di fornire le basi su cui formare una figura professionale che, partendo dalla conoscenza dei principi della strumentazione, sia in grado di analizzare le criticità dei sistemi di diagnostica per immagini, ideare semplici sistemi diagnostici innovativi, effettuare la scelta della tecnologia più adatta in base alle necessità cliniche.

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti la strumentazione diagnostica per immagini, la conoscenza dei principi di funzionamento e di alcuni dettagli tecnologici della strumentazione maggiormente diffusa ed utilizzata in ambito sanitario.

### *Capacità applicative*

Lo studente dovrà essere in grado di descrivere il principio di funzionamento di uno strumento per la diagnostica clinica per immagini anche in relazione alla anatomia e fisiologia umana. Dovrà essere in grado di scegliere e valutare l'impiego di un sistema volto a soddisfare specifiche necessità di misura in ambito clinico.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo logico a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

Nessuno

## **Contenuti**

La fisica della radiazione X ed il danno biologico (10 h lezione)

Introduzione. Descrizione di un impianto radiologico. La radiazione elettromagnetica X. Spettro di emissione. Assorbimento. Coefficiente di attenuazione. Le grandezze fisiche della radiologia. Azioni biologiche delle radiazioni ionizzanti. Normativa.

La generazione dei raggi X ed il tubo radiogeno (10 h lezione)

Costituzione del tubo radiogeno. Anodo rotante. Diagrammi di carico. Macchia focale e sua misura.

L'alimentazione del tubo radiogeno e la formazione dell'immagine radiografica (7 h lezione)

L'alimentazione del tubo radiogeno. Raddrizzatori e controllo della potenza elettrica. La pellicola radiografica. Sviluppatrici e curva sensitometrica. Caratteristiche di qualità dell'immagine radiografica. FTM. Intensificatori di brillantezza.

La tecnologia dell'apparecchio radiologico (3 h lezione)

Schema di principio di un apparecchio radiologico tradizionale. Accoppiamento trasformatore-tubo. Tempi di esposizione. Alimentazione in alta frequenza.

La radiologia analogica e digitale (5 h lezione)

La catena televisiva. Il segnale video - risoluzione. Radiologia digitale. Confronto fra i sistemi digitali ed analogici. Elaborazione, memorizzazione e presentazione delle immagini.

Principi di tomografia (2 h lezione)

Principi generali di tomografia. La stratigrafia. Apparecchiature speciali. La stereotassi.

Tomografia assiale computerizzata (6 h lezione)

I principi fisici che sono alla base della formazione dell'immagine ricostruita. Attenuazione e unità HU. Il sinogramma. Detettori. La ricostruzione tomografica.

Tomografia ad ultrasuoni (6 h lezione)

La fisica degli ultrasuoni. Grandezze acustiche caratteristiche. La propagazione degli ultrasuoni, diffusione e trasmissione della radiazione. Sonde monoelemento ed a schiera. Risoluzione assiale e laterale. La formazione dell'immagine ecografica. Eco-Doppler. Color e Power Doppler.

Tomografia a Risonanza Magnetica (6 h lezione)

Il fenomeno della Risonanza Magnetica. Tempi di rilassamento. Equazioni di Bloch. La formazione dell'immagine, il k-space. Sequenze. Tomografo a risonanza magnetica.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali in cui vengono descritti ed analizzati gli argomenti del corso con l'ausilio di esempi pratici che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (55 ore). Esercitazione dimostrativa su impianto radiologico (5 ore).

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene richiesto di esporre argomenti specifici e di saper applicare i concetti appresi a casi concreti. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato solo se si conseguirà una votazione maggiore o uguale a 18/30.

Al fine di valutare le conoscenze e competenze acquisite, a ciascuno studente sarà chiesto di esporre due argomenti dai docenti. Per ciascun argomento, sulla base di domande di difficoltà crescente poste dal docente, lo studente dovrà dimostrare conoscenza in merito all'argomento e la solidità delle conoscenze di base che ne sono il fondamento, eventualmente può essere chiesto di dimostrare la competenza nell'applicazione delle conoscenze a casi concreti. A ciascun argomento i docenti assegneranno fino ad un massimo di 31 punti. Al termine dell'interrogazione il voto assegnato sarà la media dei punti ottenuti dallo studente per ciascun argomento. La lode sarà assegnata per un punteggio finale superiore a 30.

## Testi

- F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I e II, Springer.
- J.T. Bushberg et al. "The Essential Physics of Medical Imaging" LWW 2nd ed.
- A.B. Wolbarst, G. Cook "Physics of Radiology " 2nd ed

# TELEMATIC APPLICATIONS

<b>Docente</b>	Paolo Soda (Tit.)
<b>Periodo</b>	Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il Corso di Applicazioni Telematiche ha come principale obiettivo quello di fornire agli studenti i concetti di base per la progettazione di un sistema informativo basato su tecnologie informatiche con enfasi sulla definizione e verifica dei requisiti, sulla progettazione concettuale del sistema e sull'infrastruttura distribuita sottostante.

In particolare lo studente dovrà:

- Acquisire i metodi di analisi, definizione, stesura e verifica dei requisiti di un sistema informativo, principalmente in ambito sanitario;
- Apprendere i fondamenti delle tecnologie delle reti, sia a livello infrastrutturale che applicativo.

### *Capacità di applicare conoscenza e comprensione*

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper analizzare, definire, redigere e verificare i requisiti di un sistema informativo;

- Saper utilizzare i componenti fondamentali di una rete, utilizzando un opportuno ambiente di simulazione.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente dovrà saper giudicare quali siano gli elementi fondamentali di un sistema informativo da utilizzare per risolvere casi applicativi reali. Dovrà inoltre sapere giudicare i requisiti di un sistema informativo, e gli elementi fondamentali di una rete di calcolatori.

#### *Abilità comunicative*

Lo studente dovrà saper redigere un documento di specifica di un sistema informativo, e saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento che necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## **Prerequisiti**

Nozioni base di architettura e di programmazione dei calcolatori.

## **Contenuti**

Ingegneria dei requisiti:

- Introduzione ai requisiti e all'ingegneria dei sistemi
- Il processo generico per l'ingegnerizzazione dei requisiti
- Modellazione del sistema per l'ingegnerizzazione dei requisiti
- Scrivere e verificare i requisiti
- Ingegneria dei requisiti nel dominio del problema
- Ingegneria dei requisiti nel dominio della soluzione
- Confronto metodologia Waterfall e Agile
- Laboratorio: realizzazione di modelli e documenti per la stesura delle specifiche con strumenti di sviluppo

Le reti di calcolatori:

- Introduzione
- Modello ISO/OSI e TCP/IP
- Livello Fisico, Data Link, Switch, MAC Table
- Livello Network, Router, Routing Table
- Il progetto di reti IP, piano di indirizzamento e dimensionamento
- Il livello di trasporto
- Application, Presentation, Session Layer
- Sicurezza
- Laboratorio: configurazione, test e risoluzione di problemi in contesti reali o in ambienti di progettazione/ simulazione
- Attività esterna: visita ad una sala CED (centro elaborazione dati), sala POP (Point of presence), sala switch

Applicazioni sanitarie:

- Analisi delle principali Iniziative Italiane nel E-health: la rete dei medici di base, Telemedicina, il fascicolo sanitario elettronico, CUP, ePrescription

## **Metodi Didattici**

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source

o proprietari ed opportuni strumenti di simulazione. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al calcolatore è pari a 60%-40%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

### **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi individualmente o in piccoli gruppi in sede di esame o autonomamente sotto forma di progetto da presentare in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare gli strumenti per l'analisi, definizione e verifica dei requisiti di un sistema informativo, nonché gli strumenti per progettare una rete di calcolatori.

La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza dei contenuti del corso.

Il peso delle due prove è paritario nella definizione del voto finale.

### **Testi**

- E. Hull, k. Jackson, J. Dick, Requirements Engineering, Springer
- Introduction to Networks, Cisco

## **TISSUE ENGINEERING**

**Docente** Alberto Rainer (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

*Conoscenza e capacità di comprensione.* Il corso fornisce gli elementi necessari alla comprensione delle basi teoriche e applicative dell'ingegneria tissutale, che ha come obiettivo la produzione di tessuti biologici ottenuti combinando cellule e strutture di supporto in biomateriali, allo scopo di favorire la rigenerazione di tessuti e organi.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate.* Gli studenti acquisiranno competenze e abilità necessarie a realizzare e caratterizzare costrutti di ingegneria tissutale.

*Autonomia di giudizio.* Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella valutazione dei requisiti di applicazioni di ingegneria tissutale.

*Abilità comunicative.* Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico.

*Capacità di apprendere.* Gli studenti saranno in grado di reperire informazioni fruendo della letteratura scientifica di settore.

Il corso è erogato in lingua inglese.

### **Prerequisiti**

Nozioni di chimica generale

## Contenuti

Parte I (20h): Introduzione all'ingegneria tissutale; fenomeni di trasporto all'interno dei tessuti; aspetti generali della coltura cellulare in 2D e 3D; interazione cellula-cellula e cellula-matrice; adesione e migrazione cellulare.

Parte II (5h): lo scaffold; biomateriali per l'ingegneria tissutale; utilizzo di fattori di crescita e cellule staminali nell'ingegneria tissutale;

Parte III (5h): esempi applicativi: osso, cartilagine, cute, vasi sanguigni; bioreattori e device microfluidici per l'ingegneria tissutale; cenni di meccanobiologia;

Parte IV (18h): metodologie di laboratorio di ingegneria tissutale.

## Metodi Didattici

Il corso avrà un taglio fortemente applicativo e fornirà le competenze di base dell'ingegneria tissutale, integrando lezioni frontali con esercitazioni di laboratorio.

Durante il corso, agli studenti sarà assegnato un progetto su tematiche di ingegneria tissutale, da svolgere a gruppi di max. 4 persone, da svolgere secondo la propria disponibilità di orario sfruttando le attrezzature disponibili nel Laboratorio Didattico di Chimica e del Laboratorio di Ingegneria Tissutale. Si stima un impegno di 20 h per portare a termine il progetto. Ciascun gruppo esporrà un breve resoconto dell'attività svolta, corredato da una relazione.

## Verifica dell'apprendimento

Attività progettuale e di laboratorio svolta in piccoli gruppi durante il corso, con relazione finale.

Esame scritto con 3 domande di teoria a risposta aperta. Il voto conseguito, come media tra le due prove, è espresso in trentesimi (con eventuale lode) e l'esame sarà superato solo a seguito del conseguimento di un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

Dispense distribuite dal Docente e pubblicazioni scientifiche accessibili online sul sito <http://elearning.unicampus.it>

I seguenti testi sono consigliati come approfondimento:

- Current protocols in molecular biology. Wiley NY
- Bruce Alberts, Molecular Biology of the cell, Garland publishing
- Kate Wilson & John Walker, Biochimica e biologia molecolare: principi e tecniche. Cortina Ed.
- Benjamin Lewin, Il gene, Zanichelli
- Robert A. Brown, Extreme Tissue Engineering: Concepts and Strategies for Tissue Fabrication, Wiley-Blackwell

## VALUTAZIONE DEL RISCHIO ED ELEMENTI DI DIRITTO

**Docenti** Leo Poggi (Tit.); Silvano Bari; Augusto Romano

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: saranno forniti allo studente gli strumenti essenziali per comprendere come vengono preparate e recepite leggi e normative tecniche di interesse per un ingegnere biomedico, quali sono i principali termini utilizzati nell'analisi del rischio e come effettuare una sua stima corretta in alcune situazioni pericolose comuni che possono presentarsi nell'ambiente di lavoro, quali sono le normative sulla protezione dei dati personali e sanitari e la loro applicazione nelle situazioni comuni.

Autonomia di giudizio: gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, necessarie per la corretta valutazione delle leggi e delle normative applicabili e per la valutazione dei rischi e della protezione dei dati personali. Questo obiettivo sarà perseguito anche tramite la proposizione di semplici esercizi ma anche attraverso l'esame di casi reali che integrano vari aspetti del corso.

Capacità di apprendimento: il corso persegue un approccio di coinvolgimento attivo dello studente nel proprio percorso formativo, stimolando l'approfondimento personale di argomenti segnalati dai docenti e l'applicazione dei concetti appresi ad ambiti specifici.

Abilità comunicative: il corso si propone di consentire allo studente di sviluppare le competenze comunicative necessarie per operare in contesti multidisciplinari. Tale obiettivo sarà perseguito suscitando il coinvolgimento proattivo degli studenti anche durante le ore di didattica frontale.

### Prerequisiti

Nessuno

### Contenuti

Trattasi di corso multidisciplinare con forti interconnessioni tra le materie.

La prima parte del corso è focalizzata all'acquisizione della conoscenza delle istituzioni fondamentali dell'ordinamento giuridico italiano, sia in riferimento all'ambito giuspubblicistico, sia sotto il profilo del diritto privato. In particolare, verranno forniti agli studenti gli elementi di diritto necessari per comprendere le complesse problematiche giuridiche relative al settore della fornitura ed utilizzazione nella gestione di dispositivi medici (D.Lgs. 24 febbraio 1997, n. 46, ed ulteriore legislazione sul tema), soffermandosi soprattutto sulle responsabilità civili e penali nell'ambito dei contratti per la produzione di beni o l'esecuzione di servizi.

La seconda parte del corso è dedicata ad una introduzione agli standard e alle metodologie di valutazione del rischio; vengono forniti inoltre gli strumenti teorici e pratici necessari per la comprensione e l'applicazione della normativa sulla protezione dei dati personali, con specifico riferimento alle strutture che erogano prestazioni sanitarie; fornisce, inoltre, le conoscenze per una efficace organizzazione aziendale per la privacy e per comprendere e prevenire i rischi che si possono presentare nel trattamento dei dati in sanità elettronica (e-health).

L'ultima parte del corso, integrata da analisi critica di esempi di valutazione del rischio, fornisce gli elementi per comprendere i principali termini utilizzati nella analisi di rischio, il loro corretto utilizzo e stima in alcuni casi elementari di analisi di rischio; l'inquadramento generale, per il territorio italiano, dell'attività legislativa e normativa attinente la sicurezza sul lavoro (safety); la conoscenza delle leggi e normative di sicurezza che regolamentano i diversi ambiti di alcune specifiche attività ospedaliere.

I contenuti del corso sono dettagliati come segue.

1° modulo Elementi di diritto (Prof. Avv. Augusto Romano). Durata: 16 ore

1. Le fonti del diritto nazionale e comunitario
2. I diritti reali
3. Obbligazioni e contratti
4. I contratti per la circolazione di beni e i contratti per il godimento dei beni
5. I contratti per la produzione di beni o l'esecuzione di servizi
6. I contratti di prestito
7. I fatti illeciti, la responsabilità extracontrattuale e la responsabilità oggettiva
8. Tutela del consumatore
9. Normativa e giurisprudenza sui dispositivi biomedici
10. Teoria generale del reato
11. Procedure ad evidenza pubblica
12. Cenni sul diritto d'impresa e delle società

2° modulo: La protezione dei dati personali in ambito sanitario (Prof. Silvano Bari). Durata: 16 ore.

1. Il quadro normativo internazionale
2. Introduzione alla sicurezza e alla valutazione del rischio
3. Il Risk Management
4. La protezione dei dati personali e la "privacy"
5. Il Regolamento Europeo sulla protezione dei dati personali
6. Principali figure, obblighi titolare e diritti interessato
7. Misure di sicurezza e cybersecurity
8. Trattamenti di dati personali in ambito sanitario
9. Introduzione al trattamento di dati in sanità elettronica

3° modulo: Valutazione del rischio/Sicurezza sul lavoro (Ing. Leo Poggi). Durata: 16 ore.

1. Introduzione
2. L'attività ospedaliera: leggi e norme applicabili
3. Analisi del rischio
4. Valutazione del rischio
5. Valutazione del rischio nelle macchine
6. Valutazione del rischio in ambiente di lavoro
7. Gestione del rischio applicata ai dispositivi medici
8. Valutazione del rischio nei dispositivi medici

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali in cui si illustrano gli argomenti del corso di tipo teorico e pratico utili per lo svolgimento delle attività professionali tipiche di un ingegnere biomedico, con esempi in particolare di applicazione sui dispositivi biomedici (durata: 40 ore).

Esercitazioni in aula per esemplificare l'impiego degli strumenti teorici illustrati (durata 4 ore).

Proiezione di filmati per illustrare l'applicazione pratica di quanto definito in aula (durata: 1 ora).

Possono essere effettuate visite in aziende del settore (durata: 3 ore).

Verranno inoltre esaminati casi reali che integrano vari aspetti del corso, con la possibilità di una ampia esposizione come prova d'esame.

Tesi di laurea: possibilità di scelta su temi di valutazione del rischio con tirocinio presso il Servizio Prevenzione e Protezione del Policlinico Campus Biomedico.

Dispense relative agli argomenti affrontati verranno messi a disposizione degli studenti durante lo svolgimento del corso; inoltre verrà distribuito materiale relativo alla dottrina e alle decisioni giurisprudenziali più significative.

### **Verifica dell'apprendimento**

L'apprendimento di conoscenze e abilità è verificato tramite una prova orale della durata media di 30 minuti. Il livello di apprendimento della materia è verificato ponendo allo studente tre domande su argomenti teorici inerenti i tre moduli del corso oppure la possibilità dell'esame di un caso reale (affrontato in aula) che integra i vari aspetti del corso.

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. L'aver studiato adeguatamente tutti gli argomenti affrontati a lezione e l'uso di una terminologia corretta e adeguata garantisce il voto di 24/30. Voti maggiori sono assegnati a fronte della verifica di un'adeguata capacità di saper collegare in modo adeguato i vari argomenti trattati nei diversi moduli. A discrezione della commissione si concede la lode agli studenti che non solo abbiano studiato tutti gli argomenti del corso ma che dimostrino pure una non comune abilità nel saper esporre le conoscenze acquisite e nel saper collegare correttamente le interconnessioni tra le materie dei vari moduli. Viceversa, l'esame non viene superato nel caso in cui lo studente non abbia adeguatamente studiato almeno uno degli argomenti fondamentali, segnalati come tali dai docenti durante lo svolgimento del corso.

### **Testi**

Dispense.



**Corso di Laurea Magistrale in  
Ingegneria Chimica  
per lo Sviluppo Sostenibile**



## ORDINAMENTO E ORGANIZZAZIONE DIDATTICA

### ARTICOLAZIONE DEL CORSO DI LAUREA

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile si articola in due anni, per un totale di 120 crediti formativi universitari ripartiti tra:

- un insieme di insegnamenti obbligatori, detto Tronco Comune che fornisce gli strumenti caratteristici della professione dell'ingegnere chimico sia nell'ambito della progettazione e costruzione, sia in quello della produzione;
- un insieme di insegnamenti curriculari, obbligatori definiti per ognuno dei 2 curricula. Entrambi i curricula sono caratterizzati da almeno 2 insegnamenti erogati in lingua inglese;
- insegnamenti a libera scelta individuale per consentire allo Studente di meglio adattare il percorso formativo alle proprie inclinazioni e aspirazioni professionali. Il servizio di tutorato professionalizzante, su richiesta dello Studente, può aiutarlo nella scelta di questi insegnamenti;
- prova finale dedicata a un'importante attività di tipo progettuale o sperimentale.

Lo sviluppo sostenibile ha assunto negli ultimi anni un ruolo chiave nelle politiche mondiali per garantire sia ai Paesi più industrializzati, sia a quelli in via di sviluppo, un futuro rispettoso dell'ambiente e delle risorse disponibili. Dalla "UN Conference on the Human Environment" del 1972, a "Rio +20" del 2012, la salvaguardia dell'ambiente e la produzione sostenibile di energia e di acqua sono stati oggetto di ingenti finanziamenti e di autorevoli considerazioni sugli aspetti etici del problema. Queste esigenze possono essere tradotte in una formazione universitaria che affonda le proprie radici nell'ingegneria chimica che, culturalmente e tradizionalmente, opera sui processi di trasformazione delle risorse naturali. Si è strutturato, pertanto, un Corso di Studio che vede, quale principale obiettivo formativo, l'acquisizione di competenze tecniche per intervenire sullo stato chimico, biochimico o fisico delle sostanze, in impianti che operano nell'ambito della sostenibilità e per il miglioramento della qualità della vita. Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile ha, altresì, l'obiettivo di formare figure professionali capaci di operare nella realtà globale fortemente internazionalizzata dei settori industriali di riferimento, che, oltre all'industria chimica e petrolchimica, comprendono l'industria energetica, alimentare, biotecnologica, farmaceutica e cosmetica mediante lo sviluppo di processi chimico-fisici sostenibili, ovvero operando in modo da ridurre, o eliminare, l'uso e la generazione di sostanze pericolose prevenendo, all'origine, i rischi chimici e l'inquinamento ambientale. Per raggiungere questi obiettivi, la Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile offre agli Studenti la possibilità di orientare la propria formazione verso 2 diversi curricula:

- 1) **Curriculum A - Ingegneria dei processi sostenibili.** Ha l'obiettivo di formare figure tecniche specializzate a operare nei settori dell'impiantistica e della progettazione in grado assumere responsabilità nella conduzione e nella progettazione di impianti di processo sostenibili e sicuri;
- 2) **Curriculum B - Industria per la circular economy: produzione biotecnologica, alimentare e farmaceutica.** Ha l'obiettivo di formare figure tecniche specializzate a operare nei settori dell'impiantistica e dei processi dell'industria che impiega le biotecnologie, settore in continua crescita ad alto contenuto d'innovazione, ma spesso carente di un approccio ingegneristico.

Punti di forza del Corso di Studi sono:

- 5 insegnamenti su 12 affidati a Manager d'impresa;
- percentuale di laureandi complessivamente soddisfatti del CdS: 100,0% contro 88,9% media dell'area geografica e il 93,0% media nazionale (dati Cineca);
- durata degli studi: 2,4 anni contro 2,9 della media nazionale (dati Cineca);
- un percorso senza soluzione di continuità dall'università al mondo del lavoro attraverso tesi-stage in aziende, anche estere. Questo stretto contatto si traduce in un percorso formativo integrato con un ingresso programmato dei nostri Ingegneri nel mondo del lavoro: nell'ultimo anno accademico 2017-18 la percentuale di "Tirocini di formazione e orientamento" svolti dagli Studenti del nostro Corso di Studio per lo svolgimento del proprio elaborato finale (Tesi di Laurea Magistrale) è stato pari all'88% del totale dei tirocini

della Facoltà Dipartimentale di Ingegneria e al 49% dei corrispondenti di Ateneo (dati Career Service di Ateneo);

- tasso di occupazione a 5 anni del 100% a fronte di una media nazionale del 86,5% (dati Career Service di Ateneo);
- retribuzione mensile netta a 3 anni: 1.750 € contro i 1.578 € media nazionale (dati Almalaurea).

La presenza di n. 3 laboratori didattici e di n. 6 laboratori di ricerca consente allo studente di poter fare esperienza concreta delle competenze teoriche.

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile ha l'obiettivo formativo specifico di formare una figura professionale di alto livello preposta all'ideazione, ricerca, progettazione, pianificazione, sviluppo, gestione e controllo di sistemi, processi e servizi complessi nell'area dell'ingegneria chimica con particolare riguardo all'Ingegneria dei Processi sostenibili o all'Industria per la circular economy: produzione biotecnologica, alimentare e farmaceutica, a seconda del pacchetto formativo appreso dallo Studente.

L'ingegnere Chimico per lo Sviluppo Sostenibile è quindi una figura professionale richiesta dal mercato del futuro poiché è un Ingegnere in grado di ideare nuove reazioni chimiche al fine di rendere disponibili i prodotti richiesti dal mercato, ottemperando ai vincoli imposti dalla normativa e dalle regolamentazioni in materia ambientale e di sicurezza.

L'istituzione del Comitato Università-Impresa, con la partecipazione di importanti aziende del settore industriale, ha consentito di progettare un Corso di Studi ben integrato con il mondo professionale della progettazione e della produzione industriale e di assumere, di conseguenza, come obiettivo formativo specifico, la costruzione di un percorso senza soluzione di continuità dall'università all'ingresso nel mondo del lavoro qualificato.

La formazione delle figure professionali che costituiscono l'obiettivo del Corso di Studi è completata attraverso lo sviluppo e la maturazione della capacità di autonomia, di comunicazione e di apprendimento autonomo.

Il percorso formativo consente al laureato di acquisire la capacità di rispondere a esigenze specialistiche diverse collegabili alla analisi avanzata e alla progettazione di processi di trasformazione di interesse industriale, attraverso una più ampia latitudine di approccio ai problemi, un elevato livello di approfondimento e consapevolezza professionale e una spiccata sensibilità ai fattori etici e sociali.

**OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NELL'A.A.19/20**

<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE - I anno</b>			
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>
Principi di Ingegneria Chimica	9	ING-IND/24	annuale
Impianti Chimici	9	ING-IND/25	annuale
Lingua Inglese	3	L-LIN/12	I
Chimica per l'Ingegneria (C.I.)	6	CHIM/07, M-FIL/02	II
Reattori Chimici	9	ING-IND/24	I
Modelli Fisico-Matematici per l'Ingegneria	6	MAT/07	II
Ingegneria e design di prodotto	6	ING-IND/23	
CURRICULUM A-B*	15		annuale
	<b>63</b>		

<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE - II anno</b>			
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>
Progettazione delle apparecchiature per l'industria di Processo	9	ING-IND/25	I
Dynamics and Control of Chemical Processes (erogato in lingua inglese)	9	ING-IND/25, ING-INF/04	I
Economics and Business Management (erogato in lingua inglese)	6	ING-IND/35	I
CURRICULUM A-B*	9		I
Esame a scelta dello studente**	12		II
Prova finale	12		
	<b>57</b>		

**\*INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM SCELTO DALLO STUDENTE**
**CURRICULUM A – Ingegneria dei Processi Sostenibili**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	semestre
I	Processi e tecnologie industriali	15	ING-IND/25	annuale
II	Materials Technology and Corrosion ( <i>erogato in lingua inglese</i> )	9	ING-IND/22	I

**CURRICULUM B – Industria per la circular economy: produzione biotecnologica, alimentare e farmaceutica**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	semestre
I	Principi di Ingegneria Biochimica	15	ING-IND/24, BIO/10	annuale
II	Biotechnologie Industriali	9	ING-IND/24	I

**\*\*INSEGNAMENTI A SCELTA DELLO STUDENTE PER 12 CFU AL II ANNO**

Insegnamento	CFU	SSD	Semestre
Analisi e Simulazione dei Processi Industriali	6	ING-IND/25	II
Sicurezza degli Impianti Chimici	6	ING-IND/25	II
Machine Learning & Big Data Analytics	6	ING-INF/05	II
Strategie di Innovazione Tecnologica	6	ING-IND/35	II
Tecnologie e Bioprocessi per l'Industria Alimentare	6	ING-IND/25	II
Processi e Tecnologie per la Valorizzazione di Biomasse e Rifiuti	6	ING-IND/24	II
Tissue Engineering ( <i>erogato in lingua inglese</i> )	6	ING-IND/34	II
Cyber Security per Operational Technologies	6	ING-INF/04	II

N.B. L'offerta formativa sopra riportata è rivolta agli studenti che si immatricolano nell'a.a. 2019/2020. Per gli studenti iscritti ad anni successivi al primo, l'offerta formativa è consultabile sul sito internet dell'Ateneo all'indirizzo:

<https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-chimica/piano-di-studi>

## CALENDARIO ACCADEMICO

Le attività formative annuali sono distribuite in due periodi di lezioni (semestri) secondo il calendario di seguito riportato.

Alla fine di ciascun semestre è prevista una sessione di esami.

Durante i periodi di lezione gli studenti in corso non potranno sostenere esami.

Sono previste inoltre due sessioni straordinarie di esami nei mesi di ottobre-novembre e marzo, riservate esclusivamente

agli studenti iscritti fuori corso e/o laureandi che abbiano maturato tutte le frequenze dell'ultimo anno.

Semestre	PERIODI DI LEZIONE	ESAMI	VACANZE
I semestre	<p><b>Didattica frontale</b> dal 4 novembre 2019 al 17 gennaio 2020 (solo per 1°anno)</p> <p>dal 30 settembre 2019 al 20 dicembre 2019 (per il II anno)</p>	<p><b>1ª sessione ordinaria</b> dal giorno 8 gennaio 2020 al 6 marzo 2020</p>	<p><b>* Vacanze di Natale</b> dal 23 dicembre 2019 al 7 gennaio 2020</p>
II semestre	<p><b>Didattica frontale</b> dal 2 marzo 2020 al 29 maggio 2020</p>	<p><b>2ª sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2020 al 31 luglio 2020</p> <p><b>3ª sessione ordinaria</b> dal 1° settembre 2020 al 2 ottobre 2020</p>	<p><b>* Vacanze di Pasqua</b> dal 9 aprile 2020 al 14 aprile 2020</p>

Tutte le date di inizio e fine sono da considerarsi incluse nel periodo di sospensione delle attività.

Per l'A.A. 2019-2020 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1° Novembre 2019

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2019

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2020

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2020

Festa del lavoro: 1° maggio 2020

Festa della Repubblica: 02 giugno 2020

Festa di San Josemaria Escrivà de Balaguer: 26 Giugno 2020

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2020

## **SESSIONI DI LAUREA**

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

- Sessione estiva:** dal 1° al 31 luglio 2020
- Sessione autunnale** dal 1° ottobre 2020 al 30 novembre 2020
- Sessione invernale** dal 1° al 18 dicembre 2020
- Sessione straordinaria:** dal giorno 8 febbraio 2021 al 14 maggio 2021

## PIANO DI STUDI

Il Piano di studi è l'elenco di tutti gli insegnamenti o attività formative che lo studente intende seguire nel suo percorso di studi e per i quali deve superare i relativi esami per essere ammesso all'esame finale di laurea.

Le attività formative inserite nel piano di studi sono le seguenti: insegnamenti obbligatori, insegnamenti facenti parte di un curriculum, insegnamenti a scelta, prove di idoneità, prova finale di laurea.

Puoi visionare tutte le attività che dovrai svolgere, consultando l'offerta formativa per il CdS dell'a.a. in cui ti sei immatricolato (per gli studenti attualmente al primo anno, l'offerta 2019/2020; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2018/2019, etc).

Le offerte formative sono disponibili sul sito web d'ateneo al seguente link: <https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-chimica/piano-di-studi>

### COME COMPILARLO

La compilazione del Piano di Studi deve essere effettuata attraverso l'apposita procedura *on-line*, accedendo al sistema ESSE 3 con le medesime credenziali (*nome utente e password*) fornite dalla Segreteria Studenti per la prenotazione agli esami sulla piattaforma di ESSE 3.

### QUANDO DEVI COMPILARLO/MODIFICARLO

Se sei uno studente del **PRIMO ANNO** (*immatricolato nell'a.a.2019/2020*) devi effettuare la prima compilazione del piano di studi nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà: **7 gennaio 2020 – 31 gennaio 2020** (per gli studenti che si laureano nel mese di febbraio 2020, sarà prevista un'ulteriore finestra temporale per la prima compilazione del piano di studi, definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà: **9 marzo 2020 - 20 marzo 2020**).

In prossimità della finestra temporale di compilazione, saranno rese disponibili sulla piattaforma E-learning, le *"istruzioni per la compilazione on-line del Piano di Studi"*.

Si precisa che al di fuori del periodo sopra indicato, le domande non verranno accolte. Lo studente è tenuto a verificare sempre le predette scadenze.

Coloro che hanno già presentato un Piano di Studi che sia stato approvato e non intendono apportarvi modifiche, non sono tenuti a ripresentare il Piano di Studi negli anni successivi.

### CHI APPROVA IL PIANO DI STUDI

Il Piano di Studi è sottoposto alla Giunta della Facoltà Dipartimentale che si esprime sull'organicità del curriculum proposto e, quindi, sull'accettabilità del piano di studi stesso.

### COSA PUOI FARE SE TI ACCORGI DI VOLER CAMBIARE QUALCOSA

Non è consentito apportare modifiche al piano di studi dopo la sua approvazione. Tuttavia, alla fine del primo anno, fine secondo semestre, nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà (**22 giugno 2020- 22 luglio 2020**), potrai effettuare delle modifiche che saranno valide a partire dall'anno accademico successivo. Ai fini della prenotazione alle prove di esame, devi fare riferimento all'ultimo piano di studi presentato e APPROVATO.

## **A CHI PUOI RIVOLGERTI PER ORIENTARTI SULLA TUA SCELTA**

Il Corso di Studi pianifica nel mese di **dicembre** un incontro di orientamento e presentazione del piano di studi rivolto a tutti gli studenti del I anno.

La Facoltà ti offre inoltre la possibilità di essere affiancato da un tutor personale che ti aiuterà nell'orientamento per la scelta e la compilazione del piano degli studi.

## ESAME DI LAUREA MAGISTRALE

Per il conseguimento del Diploma di Laurea Magistrale è prevista una prova finale pari a 12 CFU che consiste nello svolgimento di un'attività progettuale o sperimentale svolta sotto la guida di un relatore interno all'Ateneo, eventualmente con uno o più co-relatori interni o esterni all'Ateneo, che si conclude con la redazione di un elaborato, che può essere redatto anche in lingua inglese. La prova finale è finalizzata a dimostrare la padronanza degli argomenti affrontati, la capacità di operare in modo autonomo e una buona capacità di comunicazione.

D'accordo con il relatore, l'attività relativa alla prova finale può essere svolta presso i laboratori dell'Ateneo, presso istituzioni o enti esterni, o in modo autonomo da parte del candidato nel caso in cui la natura dell'attività lo consenta.

Qualora l'attività venga svolta presso istituzioni o enti esterni occorre ottenere previamente il nulla osta degli organi responsabili del CdS e formalizzare il rapporto tra l'istituzione o l'ente ospitante e l'Ateneo sulla base di un programma formativo concordato tra le parti.

L'elaborato che raccoglie i risultati della suddetta attività deve essere approvato dal relatore e successivamente discusso di fronte a una Commissione di docenti la cui composizione è stabilita dal Regolamento Didattico di Ateneo.

Al termine della discussione la Commissione attribuisce un punteggio al laureando in cento decimi, tenendo conto della media pesata degli esami sostenuti, della qualità tecnica dell'elaborato e dello svolgimento della presentazione orale da parte del candidato e della conseguente discussione.

### Determinazione del voto di laurea

I punteggi minimi per l'accesso alla lode o per la valutazione dell'eventuale attribuzione della menzione alla carriera sono i seguenti:

- Per il conseguimento della lode la votazione finale del candidato deve essere pari o superiore a 113/110;
- Per l'eventuale attribuzione della menzione alla carriera I) la media dei voti conseguiti dal candidato, normalizzata su 110, deve essere pari o superiore a 107/110; II) la valutazione della tesi deve ricevere il punteggio massimo previsto.

Ogni candidato, unitamente alla tesi in formato esteso, redige un documento riassuntivo della stessa (*abstract*), di massimo cinque pagine, a disposizione della Commissione di Laurea. Tale abstract dovrà essere conforme a un *template* approvato dal Consiglio di Facoltà nella riunione del 10 aprile 2019 e disponibile *on-line* sulla piattaforma E-Learning nella sezione relativa alla Segreteria del CdS di riferimento.

La valutazione della tesi pesa sul voto finale di laurea per un massimo di 10 punti (con la possibilità di attribuire frazioni di mezzo punto) così ripartiti:

- VALUTAZIONE DEL DOCENTE RELATORE. Da 0 a 7 punti determinati dalla somma dei punteggi attribuiti alle voci di giudizio *Approccio metodologico* (0-2 punti), *Autonomia e impegno* (0-3 punti), *Qualità dell'elaborato* (0-2 punti);
- VALUTAZIONE DELLA COMMISSIONE DI LAUREA. Da 0 a 3 punti in considerazione della *qualità dei contenuti della tesi* e della *chiarezza espositiva del candidato*.

Sul voto finale, determinato come sopra, si applica un arrotondamento per difetto quando l'ultima cifra decimale è minore o uguale a 5 e un arrotondamento per eccesso quando l'ultima cifra decimale è superiore a 5.

## ADEMPIMENTI PER ACCEDERE ALL'ESAME DI LAUREA MAGISTRALE

Lo studente può accedere all'esame di Laurea solo se ha già acquisito i CFU previsti dal Manifesto degli Studi e dalla normativa vigente.

Per essere ammesso alla sessione di laurea, come previsto dal regolamento, è **condizione irrinunciabile** la presentazione della seguente documentazione:

- **almeno 3 mesi** prima dell'inizio del periodo indicato per la seduta dell'esame di Laurea Magistrale a cui lo studente intende partecipare, presentare al Rettore e al Preside domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tali domande devono essere presentate su appositi moduli predisposti, rispettivamente, dalla Segreteria Studenti e dalla Segreteria Didattica della Facoltà di Ingegneria e disponibili *online*. Le domande devono essere sottoscritte anche dal docente di riferimento della Facoltà che guiderà lo studente nella preparazione dell'elaborato.
- **almeno 20 giorni** prima dalla data di Laurea Magistrale, procedere all'iscrizione *online* alla sessione di laurea e all'inserimento dei dati dell'elaborato finale. Il titolo dell'elaborato non potrà più essere modificato.
- **almeno 10 giorni** prima dalla data di Laurea Magistrale: consegnare una copia della tesi in formato PDF alla biblioteca, alla segreteria studenti e alla segreteria didattica.

All'approssimarsi della seduta di Laurea Magistrale, la Segreteria Studenti, con congruo preavviso, procederà alla pubblicazione delle date precise per gli adempimenti sopra menzionati e della documentazione necessaria.

## LABORATORI DIDATTICI

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile utilizza i Laboratori multimediali e il Laboratorio di Chimica.

### LABORATORI INFORMATICI

Indirizzo: Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria (PRABB), piano 0 in via Alvaro del Portillo 21, Roma.

Struttura Responsabile: Area Servizi Informatici

Laboratorio	Attrezzatura	N. postazioni	Personale tecnico e orari
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 PC Lenovo ThinkCentre M710 Tiny Intel Core i7-7400T Processor 16GB DDR4 2400 SODIMM 256 GB Solid State Drive M.2 NVMe;</li> <li>- Windows 10 Professional;</li> <li>- 2 lavagne;</li> <li>- 1 proiettore;</li> <li>- 1 Lavagna Multimediale.</li> </ul>	50 + 1 postazione docente	1 tecnico (Il lab. A segue gli orari delle attività didattiche; il lab. B dalle 9.00 alle 19.30)
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 18 Lenovo ThinkCentre M710 Tiny Intel Core i7-7400T Processor 8 GB DDR4 2400 SODIMM 256 GB Solid State Drive M.2 NVMe</li> <li>- Windows 10 Professional;</li> <li>- 2 Multifunzioni Canon collegate in rete su tutte le postazioni in aula;</li> <li>- 2 lavagne;</li> <li>- 1 proiettore.</li> </ul>	18 + 1 postazione docente + 5 postazioni per l'utilizzo dei portatili personali	

Le postazioni del Laboratorio A sono dedicate allo svolgimento di attività didattiche, lezioni che necessitano di strutture informatiche.

Le postazioni del Laboratorio B sono disponibili per elaborazione dati da parte di studenti laureandi, dottorandi e ricercatori.

#### Il servizio di stampa (Laboratorio B):

Gli studenti hanno a disposizione in totale 4 Multifunzione Canon imageRUNNER ADVANCE C5550i, 2 in biblioteca e 2 in laboratorio multimediale.

Tutte le multifunzione Canon imageRUNNER ADVANCE C5550i permettono la stampa, scansione e copia. L'università fornisce allo studente tutto l'occorrente per stampare, fotocopiare e scansionare, inclusa la carta. All'inizio dell'anno accademico ogni studente riceve dall'Università un accredito pari a 20 euro per i servizi di stampa. Successivamente lo studente può ricaricare la carta, tramite il badge personale, presso la Biblioteca.

È possibile, inoltre, tramite il servizio di mobiprint, stampare da qualsiasi dispositivo multimediale (smartphone, tablet, pc portatile, ecc.), inviando una e-mail, con il file allegato che si desidera stampare.

## LABORATORIO DI CHIMICA

Indirizzo: Polo di Ricerca Avanzata in Biomedicina e Bioingegneria (PRABB), in via Alvaro del Portillo 21, Roma.

Laboratorio	Descrizione attrezzature	N. postazioni
Laboratorio di Chimica	<p>2 cappe chimiche monoposto indipendenti, 1 cappa biologica a flusso laminare di classe II, 1 armadio aspirato per lo stoccaggio di reagenti chimici pericolosi e 4 frigoriferi a diverse temperature (+4°C e -20°C) per lo stoccaggio di campioni e/o reagenti chimici.</p> <p>Le esercitazioni pratiche sono possibili grazie alla presenza di vetreria a precisione variabile e di un cospicuo numero di strumentazioni che consentono di eseguire analisi qualitative e quantitative su un'ampia gamma di tipologie di campioni che spaziano dagli alimenti, ai fluidi biologici fino ai metalli.</p> <p>Le apparecchiature scientifiche presenti sono le seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- spettrofotometro UV-VIS a doppio raggio (Shimadzu);</li> <li>- spettrofotometro UV-VIS a monoraggio (Eppendorf);</li> <li>- strumento per la Cromatografia ad Alta Pressione (High Performance Liquid Chromatography – HPLC, Shimadzu);</li> <li>- gascromatografo (GC, Shimadzu);</li> <li>- apparato per la cromatografia su strato sottile (TLC); potenziostato (Bio-Logic);</li> <li>- reometro (Anton Paar);</li> <li>- titolatore automatico (Mettler Toledo); rifrattometro;</li> <li>- polarimetro;</li> <li>- ebulliometro;</li> <li>- bilance tecniche ed analitiche; agitatori magnetici;</li> <li>- vortex;</li> <li>- centrifughe;</li> <li>- termociclatore per reazioni di amplificazione a catena – PCR; apparati di elettroforesi verticale ed orizzontale (Bio-Rad);</li> <li>- transilluminatore-UV;</li> <li>- incubatore cellulare (KW);</li> <li>- bagnetto termostato (KW);</li> <li>- microscopio ottico invertito (Nikon).</li> </ul> <p>Il Laboratorio è dotato, altresì, di un videoproiettore che consente la discussione dei protocolli da applicare per le esercitazioni e dei risultati ottenuti.</p>	<p>Dalle 15 alle 18 postazioni di lavoro, per un massimo di 45 studenti</p>

## SCHEDE DEGLI INSEGNAMENTI (in ordine alfabetico)

Le schede di seguito riportate si riferiscono ad insegnamenti erogati nell'a.a.19/20

### ANALISI E SIMULAZIONE DEI PROCESSI INDUSTRIALI

**Docente** Gaetano Iaquaniello (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

#### Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di far apprendere allo studente gli strumenti necessari per l'analisi e simulazione e per la progettazione di impianti e processi tipici dell'industria chimica.

*Capacità applicative*

L'allievo sarà in grado di sviluppare gli aspetti salienti, teorici e pratici, relativi alle modalità di analisi, simulazione, sviluppo e innovazione di processi industriali del settore di raffinaria, petrolchimico e della chimica fine.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico rispetto alla simulazione di schemi di processo dell'industria chimica. Lo studente sarà anche costantemente sollecitato a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

*Abilità nella comunicazione*

Lo studente apprenderà come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace ed utilizzando una espressione verbale tecnica idonea.

*Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda producttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse

#### Prerequisiti

Progettazione degli impianti chimici.

#### Contenuti

Software per la simulazione di processo

- Introduzione al concetto di simulazione mediante software
- Presentazione di PRO/II-Aspen Plus
- Descrizione e guida alla scelta dei modelli termodinamici con relative banche dati.
- Descrizione delle principali operazioni unitarie.

Analisi e simulazione di processo

- Aspetti teorici di base dei processi esaminati. Valutazioni termodinamiche e cinetiche. Cenni di catalisi industriale

- Studio di processo. Individuazione delle operazioni unitarie coinvolte, ottimizzazione della loro interconnessione e ricerca della soluzione ottimizzata. Analisi di sensitività. Ottimizzazione dei principali parametri operativi. Ottimizzazione ed integrazione termica. Teoria del pinch. Introduzione di innovazione di processo
- Introduzione alla valutazione aspetti critici nel funzionamento in condizioni reali e di start-up di un impianto. Economic design
- Valutazione dei costi di produzione e confronto con quelli della tecnologia convenzionale.

## Metodi Didattici

Il corso si articola in una serie di lezioni monografiche seguite da esercitazioni al simulatore svolte dagli studenti sotto la supervisione degli insegnanti, utilizzando postazioni singole.

## Verifica dell'apprendimento

Esame scritto articolato su tre esercizi di simulazione di operazioni unitarie dell'industria chimica. La durata totale della prova scritta è fissata in 4 ore.

L'esame scritto è seguito da una prova orale dedicata in parte alla discussione degli esercizi svolti all'esame scritto ed alla discussione di una tesina di gruppo nella quale è stata sviluppata la simulazione e l'ottimizzazione di un processo chimico.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

Dispense del docente.

- Strategy of process engineering, Dale F. Rudd and Charles C. Watson, Wiley.

Bibliografia aggiuntiva:

- Plant Design and economics for chemical engineers, Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, McGraw-Hill.
- Chemical Process Technology, J.A. Moulijn, M. Makkee, A. van Diepen, Wiley.

# BIOTECNOLOGIE INDUSTRIALI

**Docente** Luisa Di Paola (Tit.)

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Scopo del corso è quello di fornire agli studenti gli elementi per la progettazione di processi ed impianti dell'industria alimentare e farmaceutica. Nella prima parte, il corso sarà focalizzato ad integrare le conoscenze già acquisite e consolidate nel corso di Principi d'Ingegneria Biochimica, attraverso l'analisi di applicazioni nei settori alimentare e farmaceutica. La seconda parte del corso sarà dedicata invece all'analisi di specifici processi dei settori biotecnologici di riferimento, al fine di guidare gli studenti ad acquisire elementi pratici di progettazione dei sistemi biotecnologici.

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione delle applicazioni riguardanti i processi e impianti dell'industria alimentare e farmaceutica.

### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate riguardanti le applicazioni dei processi biotecnologici indispensabili alla progettazione e ottimizzazione di innovativi processi biotecnologici industriali.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

Nessuno.

## **Contenuti**

1. Fluidodinamica dei fluidi non newtoniani: paste, sospensioni cellulari;
2. Trasferimento di materia e calore in sistemi agitati;
3. Separazione mediante membrane;
4. Purificazione mediante cromatografia preparativa
6. Sedimentazione e centrifugazione;
7. Controllo dinamico di fermentatori;
8. Trattazione monografica di processi biotecnologici:
  - a. Processo di produzione della penicillina;
  - b. Processo di produzione dell'insulina;
  - c. Produzione di latte e di prodotti caseari fermentati;
  - d. Processi di bioraffineria: biodiesel e bioetanolo;

## **Metodi Didattici**

La didattica verrà erogata sotto forma di lezioni frontali, tesi a fornire agli studenti gli elementi fondamentali per l'analisi e la progettazione di processi biotecnologici. Le esercitazioni previste dal corso saranno focalizzate alla risoluzione di casi pratici, per consolidare le conoscenze teoriche acquisite durante il corso.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame scritto ed orale. La prova scritta su carta consiste nello svolgimento di un esercizio progettuale e mira a valutare la capacità di analisi e progettazione di processi biotecnologici. La prova scritta consiste nella risoluzione di 2 esercizi per una durata complessiva di 3 ore. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. L'esame orale mira alla valutazione della capacità di progettazione di processi, attraverso la risoluzione di casi pratici: ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- J. Bailey, D.F. Ollis (1986) "Biochemical Engineering Fundamentals", Ed. Mc Graw Hill;
- P.M. Doran (2013) "Bioprocess engineering principles - 2nd Ed." Ed. Academic Press.
- Dispense fornite dal docente;

## CHIMICA PER L'INGEGNERIA (*corso integrato*)

**Docenti** Marcella Trombetta (Tit.); Marta Bertolaso

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

L'insegnamento è strutturato in 2 moduli:

- Modulo A: Chimica dei processi industriali (3 CFU)
- Modulo B: Ecologia umana e sostenibilità (3 CFU)

*Conoscenza e capacità di comprensione*

**Modulo A:** esso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione: sulle tecnologie di produzione di reagenti primari per l'industria chimica da diverse materie prime; sulla sicurezza dei prodotti chimici e delle reazioni chimiche; sulla gestione dei processi chimici.

**Modulo B:** l'essere umano è l'unica specie che può produrre un danno ecologico, in quanto unico essere che non si adatta all'ambiente che lo circonda, ma che, viceversa, adatta l'ambiente a sé. In questo senso l'Uomo è un ente naturale che ha come peculiarità la razionalità e pertanto la cultura, capace di vivere coscientemente la propria naturalità e di scoprirne il senso.

Allo stesso tempo, l'Uomo è l'unico animale in grado di parlare dell'ambiente, problematizzare su di esso e prendersene cura in maniera responsabile.

Per questi motivi la chimica per l'ingegneria deve tenere conto della human Ecology che è la scienza che tende ad incrementare la responsabilità dell'essere umano nell'azione su di sé e sull'ambiente che lo circonda.

Il modulo si propone dunque di affrontare e di cogliere il senso delle principali problematiche che sorgono nel rapporto tra Uomo e Ambiente (interno ed esterno), quali la sostenibilità, la questione dell'utilizzo delle risorse energetiche, il benessere e la felicità, etc. In tal modo lo studente potrà diventare maggiormente consapevole dell'impatto (positivo o negativo) che il suo lavoro potrebbe avere sull'ecosistema, e per questo progettare in maniera realmente sostenibile.

*Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di:

- gestire processi pericolosi e che usano miscele di reazione infiammabili;
- valutare le prestazioni di reazioni complesse in termini di conversione, rese e selettività, determinare schemi di reazione complessi;
- scegliere i catalizzatori ottimali in funzione della tipologia di processo;
- produrre acqua adeguata alla tipologia di applicazione industriale.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti

attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

**Modulo A:** conoscenze di matematica, fisica, termodinamica, chimica generale e chimica organica.

**Modulo B:** nessuno.

## **Contenuti**

### **Modulo A:**

Sicurezza dei prodotti chimici e delle reazioni chimiche: pericolo per infiammabilità di gas, di liquidi, solidi e aerosol, pericolo di instabilità e reattività, pericolo per run-away di reazioni esotermiche, schede di sicurezza.

Caratteristiche delle classi di reazioni chimiche industriali: ossidazione, deidrogenazione, reazioni acido-base, idrogenazione, alogenazione.

Descrizione di alcune produzioni chimiche: acido solforico, acido nitrico, ammoniacale, detersivi, adesivi e carburante diesel.

Acqua per l'industria e per alimentazione e farmaceutica: proprietà dell'acqua, classificazione e analisi. Requisiti e usi. Principali trattamenti delle acque industriali.

Struttura del riciclo, impostazione delle condizioni di riciclo. Gestione dei processi di ossidazione, in relazione alla formazione di miscele infiammabili.

### **Modulo B:**

La Natura e la sua filosofia: prospettive. La natura come oggetto: la res extensa ed il cambiamento della modernità. Gerarchia ontologica e scala degli esseri viventi. Chi (o che cosa) fa parte della natura?

L'uomo: Essere naturale o artificiale? L'uomo come essere politico: bisogni e felicità. Fine dell'uomo e finalità dell'agire scientifico. Il problema ecologico: catastrofi.

La tecnologia: umanizzante o disumanizzante? Tre visioni del mondo: transumanesimo, funzionalismo ed ecologismo.

La scienza e il dibattito postmoderno: le nuove relazioni tra i diversi ambiti della vita umana.

Il pensiero sistemico. La teoria dei sistemi di Von Bertalanffy. Sistemi e sostanze. Sistemi e causalità. Sistemi ed etica.

Ecologia ed ecologie: storia del concetto. Ideologia, filosofia o scienza? Oikos-logos: lo "studio della casa": il senso dell'abitare. Lo "studio delle relazioni". Deep Ecology, biocentrismo e antropocentrismo. L'ipotesi Gaia tra fantascienza e realtà: Avatar e l'ipotesi di James Lovelock. La Singolarità Tecnologica di Kurzweil.

Rapporto Uomo-Ecosistema. Ordine dell'Uomo e ordine della Natura. Human Ecology: un indicatore utile per la valutazione dell'agire scientifico.

Il concetto di sostenibilità e la sua storia: prospettive ed ambiguità terminologiche.

Sostenibilità come mantenimento di uno stato: vacuità del concetto. Ecosistema, capitale, bisogni: le sostenibilità come sistemi chiusi. Differenti tipologie di sostenibilità: ecologica, economica, sociale. Sostenibilità e futuro: prevedere i bisogni. Sostenibilità e fini (ultimo e strumentali).

Misurare la sostenibilità. Sviluppo umano sostenibile: Capability Approach: Amartya Sen e Martha Nussbaum.

## Metodi Didattici

### Modulo A:

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Le lavagne delle lezioni frontali saranno caricate sulla pagina del corso della piattaforma di e-learning.unicampus.it.

### Modulo B:

Il corso consiste in lezioni frontali con approfondimenti specifici sia sul profilo epistemologico delle nozioni esaminate, sia sulla loro applicazione in alcuni CASI concreti tratti dall'attualità e dall'attività professionale in ambito ecologico e della sostenibilità di ricercatori nazionali e internazionali.

## Verifica dell'apprendimento

### Modulo A:

Le conoscenze e le abilità relative alla chimica per l'ingegneria sono verificate mediante una prova scritta su carta in cui lo studente deve risolvere/rispondere un totale di n. 3 esercizi/domande a risposta aperta con punteggio di 10 punti ciascuno che dovranno essere risolti in un tempo massimo di 2 ore. Il punteggio massimo conseguibile nella prova scritta è di 30/30. La scelta della risposta aperta mira ad accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi. In particolare, la prova mira a premiare la capacità d'identificare gli aspetti più importanti di ciascun argomento.

Nella prova scritta, lo studente deve dimostrare di saper:

- 1) descrivere le fasi relative alle produzioni industriali del programma del corso;
- 2) descrivere la produzione di acqua per una specifica applicazione;
- 3) descrivere il trasporto di una merce pericolosa.

L'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Agli studenti che conseguiranno una votazione pari a 30/30 sarà data la possibilità di sostenere una prova orale per ambire al conseguimento della Lode. Il risultato dell'orale farà, comunque, media con i 30/30 conseguiti nella prova scritta.

### Modulo B:

Al raggiungimento degli obiettivi esplicitati sopra contribuiscono le modalità del corso e dell'esame finale. In sede di esame, limitatamente ai casi concreti inerenti al corso, lo studente potrà dimostrare la propria abilità nel collegare il livello metodologico della riflessione scientifica alla sua applicazione pratica.

Le conoscenze e le capacità relative ai temi di ecologia umana e sostenibilità sono verificate mediante una prova orale, basata su 3/4 diversi argomenti, della durata complessiva di circa 20 minuti.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e il Modulo B dell'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto finale dell'esame sarà la media tra i voti conseguiti nei 2 Moduli. Esso sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico. Ulteriori dettagli sono forniti allo studente attraverso il documento denominato "Regole d'Esame" pubblicato sulla pagina del corso nella piattaforma di e-learning moodle.unicampus.it.

## Testi

### Modulo A:

- L. Berti, M. Calatozzolo, R. Bartolo, "Aspetti teorici e pratici dei processi chimici", G.D'Anna, Messina-Firenze,
- G. Natta, I. Pasquon, "Principi della chimica industriale", Città Studi, Milano,
- O.A. Hougen, K.M. Watson, R.A.. Racatz "Principi dei processi chimici" Vol I e II, Casa Ed. Ambrosiana

- F. Cavani, “Lo sviluppo e la gestione dei processi chimici industriali”, CLUEB , Bologna

Dispense del docente.

### **Modulo B:**

Dispense del docente.

- L. Valera, Singer e la questione ecologica. Per il superamento della dicotomia tra antropocentrismo e biocentrismo, «Per la filosofia», vol. 3 (2010), n. 80, pp. 67-78.
- L. Valera, Ecologia ed ecologie, «Medicina nei secoli» (in press – n. 2-3, 2011).
- Giuliani A, Filippi S, Bertolaso M (2014) Why network approach can promote a new way of thinking in biology, hosted by Dr(s) Xiaogang Wu, Hans Westerhoff, Pierre De Meyts, Hiroaki Kitano in *Frontiers in Genetics (Systems Biology)*, Vol 5 (83), 1-5.
- A. Marcos, Filosofia dell'agire scientifico. Le nuove dimensioni, Academia Universa Press, Milano 2010.

## **CYBER SECURITY PER OPERATIONAL TECHNOLOGIES**

**Docente** Roberto Setola (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cyber security al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema cyber-physical. Il corso illustra sia i rudimenti per preparare, organizzare ed eseguire un attacco cyber che i principali strumenti metodologici, tecnologici ed operativi per il contrasto a tali minacce. Il corso si focalizza in particolare sulle problematiche proprie dei sistemi di monitoraggio e controllo di sistemi OT, analizzando gli effetti di un attacco informatico sul sistema fisico e sui sistemi di controllo. Il corso fornisce inoltre anche una sommaria panoramica delle tecniche di social engineering e degli aspetti giuridici connessi con la cyber security.

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso mira a fornire agli studenti gli strumenti necessari a comprendere le problematiche connesse con la minaccia cyber ed a elaborare efficaci strategie di identificazione, contrasto, difesa e mitigazione della minaccia. Scopo del corso è anche quello di illustrare agli studenti i principali aspetti normativi, regolamentatori e legislativi con particolare riferimento agli obblighi per gli Operatori di Servizi Essenziali e per gli Operatori di Infrastrutture Critiche nazionali.

#### *Capacità applicative*

Lo studente acquisirà gli strumenti metodologici necessari per l'analisi dei rischi connessi con la minaccia cyber e per ciò che riguarda lo sviluppo e l'implementazione di semplici strategie di contrasto e protezione. A tal fine il corso alternerà lezioni frontali con esperienze di laboratorio al fine di facilitare il discente nello sviluppo di specifiche capacità applicative sia nella realizzazione di attacchi cyber che nella configurazione di sistemi di difesa attraverso l'utilizzo di tool ed ambienti dedicati.

#### *Autonomia di giudizio*

La natura dell'oggetto del corso rappresenterà un elemento di stimolo per lo sviluppo di un "pensiero laterale" da parte dello studente atto a cogliere e prevedere fenomeni ed elementi non preventivamente codificati. Il confrontarsi con sfide continue rappresenterà per il discente un terreno per far maturare la propria capacità di autonomo giudizio. Lo studente maturerà dunque una capacità critica sia in fase di progettazione dell'infrastruttura informatica sia nella scelta di definizione possibili strategie difensive da applicare in situazioni di criticità.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente acquisirà le nozioni basilari del linguaggio tecnico relativo alla cyber security e alla illustrazione e codifica dei requisiti utente anche grazie alle modalità interattive delle lezioni.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sarà guidato nell'apprendimento attraverso una metodologia di studio finalizzata a rendere produttiva la frequenza dello stesso a lezioni ed esercitazioni. Questo verrà ottenuto dai docenti attraverso la partecipazione e il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni, dovendo questi cimentarsi durante il corso nella gestione di problemi e situazioni con difficoltà crescente

## **Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità

Conoscenze di base di automazione e di informatica.

## **Contenuti**

Richiami di automazione, di reti di calcolatori e di basi di dati (15% delle ore)

Inquadramento della minaccia cyber, elementi per valutazione del rischio cyber e dell'impatto di un evento cyber con particolare riferimento ai sistemi ICS (Industrial Control System) (15% delle ore)

Presentazione delle più comuni strategie di attacco cyber (man in the middle, denial of service, reply attack) ed illustrazione di alcuni tool dedicati (Etercap, Kali linux, Wireshark, ecc). Tecniche di social engineering. (20% delle ore)

Illustrazione dei principali strumenti e metodologie di contrasto: crittografia, firma digitale, firewall, IDS (Intrusion Detection System), analisi del traffico di rete (30% delle ore)

Presentazione degli aspetti legislativi e normativi (20 % delle ore)

## **Metodi Didattici**

Il corso è organizzato in lezioni frontali ed attività sperimentali. Le lezioni frontali, che rappresentano circa il 50% delle ore, sono finalizzate a presentare gli argomenti del corso. Durante le attività sperimentali, che rappresentano circa il 40% delle ore, i discenti si confronteranno con le problematiche legate alla implementazione di semplici attacchi cyber. Completano le attività interventi seminariali svolti da esperti di cyber security provenienti dal mondo industriale e professionale.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite si svolge di norma mediante una prova orale che consiste in un colloquio orientato all'accertamento della comprensione degli aspetti teorici e pratici illustrati durante il corso e alla loro applicazione a casi particolari.

L'esame si intende superato se il candidato prede una votazione compresa fra 18 e 30 trentesimi. La lode è a discrezione della commissione

## **Testi**

- James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.
- C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, J. Margulies: "Security in Computing, 5th Edition", Prentice Hall, 2015
- Charles J. Brooks, Christopher Grow, Philip Craig, Donald Short, "Cybersecurity Essentials", Sybex Inc, 2018

## **DYNAMICS AND CONTROL OF CHEMICAL PROCESSES**

**Docenti** Marcello De Falco (Tit.); Gabriele Oliva  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

L'obiettivo del corso è fornire allo studente di Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile gli strumenti per studiare il comportamento dinamico dei processi industriali e progettare i sistemi di controllo sia delle singole apparecchiature che di impianti completi.

A partire dalla conoscenza di concetti basilari matematici e fisici quali gli operatori laplaciani, i bilanci di energia e materia, il concetto di stabilità di cicli aperti e chiusi, lo studente applicherà tali concetti allo studio dinamico delle apparecchiature industriali e all'analisi dei cicli di controllo sia feed-back che feed-forward.

Al termine del corso, lo studente avrà tutti gli elementi per analizzare e progettare un controllore industriale.

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sulla modellazione dinamica dei processi industriali e sullo sviluppo di sistemi di controllo di processo.

#### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di:

- formulare modelli dinamici di processi industriali;
- definire le strategie di controllo;
- effettuare il tuning di controllori feedback;
- sviluppare schemi di processi strumentati.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

### **Prerequisiti**

Nessuno

### **Contenuti**

#### **Modulo A**

Dinamica di un processo industriale: applicazioni di modelli del primo e del secondo ordine, FOPTD e SOPTD.

Modello dinamico di una colonna di distillazione: modellazione in Matlab.

Modelli empirici di apparecchiature industriali.

Valvole e attuatori.

Cicli di controllo feedback: algoritmi di controllo e tuning dei parametri, controllo in cascata, controllo di rapporto, esempi di applicazione.

Cicli di controllo feedforward: concetto di modello predittivo, algoritmi di controllo.

Modellazione in Simulink dei cicli di controllo.

Controllo di sistemi Batch.

Schemi di processo strumentati: criteri grafici per la elaborazione degli schemi e applicazioni.

Schemi di marcia.

Attività Sperimentale di Laboratorio.

## **Modulo B**

Concetto di controllo di processo e suoi obiettivi. Generalità sui sistemi di controllo e sulla trasmissione di segnali; terminologia.

Metodi matematici nei sistemi di controllo

Metodi matematici - Trasformate di Laplace, spazio di stato, funzioni di trasferimento e linearizzazione.

Sistemi dinamici - Risposta dinamica dei sistemi del primo e del secondo ordine, sviluppo di modelli empirici.

Dinamica dei Processi

Sistemi di supervisione, monitoraggio e controllo

Architettura e principi di funzionamento del Distributed Control System (DCS), Programmable Logic Controller (PLC), Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA); cenni di protocollo fieldbus.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso ed esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Sono previste attività di laboratorio.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze acquisite vengono verificate mediante una prova scritta e una prova orale.

Durante la prova scritta, le conoscenze e le abilità relative allo studio dei sistemi dinamici e alla progettazione di sistemi industriali di controllo vengono verificate mediante lo svolgimento di quattro esercizi, due relativi al modulo A e due relativi al modulo B. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e la prova scritta, con conseguente accesso alla prova orale, sarà superata se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30.

La prova orale prevede tre domande sul programma del corso, due relative al modulo A e una relativa al modulo B. La durata della prova orale è di circa 20 minuti. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e la prova orale è superata se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto finale è calcolato come media delle due votazioni e sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## **Testi**

Dispense del docente.

- D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, "Process Dynamics and Control", Wiley Ed., 2nd Edition.

## ECONOMICS AND BUSINESS MANAGEMENT

<b>Docente</b>	Nicola Greco (Tit.)
<b>Periodo</b>	Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze essenziali di economia e di management necessarie ad orizzontarsi nel mondo dei progetti, delle imprese, dei mercati: Concorrenza e Competizione, Imprese ed Aziende, Strumenti di Comunicazione Aziendale, Modelli Organizzativi, Finanziamenti, Piani Industriali,

Project Management, Project Control, Risk Management, Elementi di Matematica Finanziaria

#### *Capacità applicative*

Lo studente, superato l'esame finale, sarà in grado di affrontare il mondo delle Imprese con particolare riguardo alle PBE (Projects Based Enterprise), ed avrà conseguito familiarità con le discipline collegate alla gestione dei Progetti:

Project Finance

Project Management

Estimating

Budgeting

Project Control

Project Risk Management

Saprà inoltre identificare i fattori chiave della Creazione di Valore dell'Impresa, e comprenderne i KPI (Key Performance Indicators).

Saprà interpretare gli elementi essenziali del Bilancio d' esercizio, e potrà partecipare a teams incaricati della stesura di Studi di fattibilità e di Piani Industriali.

Conoscerà gli elementi dei finanziamenti, con particolare riguardo al Project Finance, e potrà utilizzare con proprietà le formule di matematica finanziaria.

#### *Autonomia di giudizio*

Il corso ha tra i suoi obiettivi fondamentali quello di stimolare un allargamento della visione culturale che, educando lo studente a correlare gli aspetti tecnici della sua preparazione con quelli applicativi dal punto di vista economico, possa tradursi in una maggiore consapevolezza dei contesti complessivi, ed in definitiva in una molto maggiore autonomia di giudizio.

#### *Abilità nella comunicazione*

Il miglioramento della capacità di comunicare é perseguito attraverso un costante stimolo alla discussione ed al "Public speaking", inclusa la partecipazione attiva all' esposizione da parte degli studenti, di alcuni dei temi delle lezioni.

#### *Capacità di apprendere*

La capacità di apprendere, attivata attraverso la stimolazione della curiosità degli studenti, trova riscontro e finalizzazione in particolare durante esercitazioni, che verificano con continuità l'apprendimento e la comprensione, da parte degli studenti, dei temi trattati a lezione.

### Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

Le Aziende:

- Impresa, Mercato, Equilibri Economici, Aziende Industriali: Azienda "project based"; Stakeholders e Strumenti di comunicazione aziendale; Azionisti, Governance. Principi e modelli organizzativi.
- Elementi di Matematica finanziaria.
- Analisi Aziendale: processi, prodotti, mercato, organizzazione; analisi economico-finanziaria. Valutazione delle aziende: criteri economici, criteri comparativi, criteri finanziari.
- Start up e Spin off . Acquisizioni, Fusioni e Scissioni di Aziende.
- Responsabilità delle Aziende. Codice Etico, Organismo di Vigilanza, Responsabilità Sociale. Sostenibilità.
- Le strutture di finanziamento delle Imprese e dei Progetti. Il Project Financing.
- Piani Industriali e di business.
- Competizione Internazionale. Contracting nazionale ed Internazionale. Struttura dei Contratti. Rischi e Garanzie. Mitigazione e rischi. Collaborazione tra Aziende. Controversie Contrattuali.

I progetti:

- I concetti essenziali relativi ai Progetti.
- Analisi e gestione dei Rischi.
- Project Management. Project Control. Construction Management. Crisis Management.
- Valutazioni Preliminari, "information memorandum", criteri di stima e di calcolo dei costi di progetto, costo delle apparecchiature e dei materiali, costi della costruzione, costo dei prodotti e delle utilities, costo dei servizi, costi accessori, ammortamenti, analisi dei flussi di cassa, criteri di selezione delle alternative. Elementi di Planning e Scheduling.

L'ingegnere Chimico:

- Caratteristiche degli scenari lavorativi nell'industria e nei servizi, percorsi professionali. "Experts" e "Managers". Il team work.
- Case study: Valutazione analitica e preventivazione del costo di un impianto chimico o petrolchimico.

## Metodi Didattici

Il corso sarà erogato in lingua inglese.

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche (tra queste ultime, in particolare, metodo di preventivazione per un Impianto di Processo).

Dispense e slides saranno pubblicate su una sezione dedicata della piattaforma di e-learning dell'ateneo.

## Verifica dell'apprendimento

L'apprendimento sarà verificato tramite un esame scritto e orale in cui:

La prova scritta, della durata di circa 2 ore, è articolata su 10 domande "a quiz a risposta multipla", in cui almeno una domanda è costituita dallo svolgimento di un problema di calcolo economico-finanziario riferito ad un contesto industriale. A ciascuna domanda è attribuito un voto massimo, in caso di risposta corretta, pari a 2/30

La parte orale, della durata di circa 30 min, è costituita da due domande su temi riferiti al programma del corso, una delle quali su un tema scelto dallo studente. A ciascun tema discusso in modo esauriente sarà attribuito un punteggio massimo pari a 5/30

Il voto finale conseguito sarà pari alla somma del risultato della prova scritta e di quello dell'esame orale

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato solo se si conseguirà un voto maggiore od uguale a 18/30. Agli studenti che conseguiranno una votazione pari a 30/30 sarà data la possibilità di rispondere ad una ulteriore domanda per ambire al conseguimento della lode.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

Dispense del docente.

- Valle-Riestra F.J., Project Evaluation in the Chemical Process Industries, McGraw-Hill.
- La Bella A., Battistoni E., Economia ed Organizzazione Aziendale, APOGEO.

In aggiunta:

- Mintzberg H., Mintzberg on Management, The Free Press NY.
- Imperatori G., Il Project Financing, Ed. Il Sole 24 Ore.
- Balestri G., Il Bilancio di Esercizio, Ed. HOEPLI.
- Mankiw, Taylor, Ashwin PRINCIPI DI ECONOMIA PER L'IMPRESA, Ed. Zanichelli

# IMPIANTI CHIMICI

**Docente** Diego Barba (Tit.)

**Periodo** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e gli strumenti per la comprensione e l'assimilazione delle basi teoriche e progettuali dell'Analisi di Processo affrontata con un approccio di sistema ed estesa quindi ai settori energetico, ambientale, delle acque, Oil&Gas, chimico, petrolchimico, biotecnologico, farmaceutico, etc., in cui opera l'ingegnere chimico. Una specificità del corso è quella di proporre elementi di conoscenza aggiuntivi che consentano, in sede di progettazione, di tener conto del concetto di sostenibilità pensato come valore aggiunto al know-how dell'ingegnere chimico classico. In conclusione l'obiettivo è di trasferire allo studente gli strumenti necessari per l'analisi e la progettazione d'impianti e processi tipici del mondo industriale.

### *Capacità applicative*

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi di processi strumentati con bilanci di materia e di energia, progettare le singole apparecchiature costituenti il processo e simulare il comportamento dell'intero processo al variare dei suoi principali parametri operativi (sensitivity analysis).

### *Autonomia di giudizio*

Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo autonomo con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie elaborazioni che dovrà successivamente illustrare alla classe e al docente. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente ad elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente svilupperà una crescente capacità di apprendimento attraverso una metodologia di insegnamento

che affianca alla frequenza costante delle lezioni ed esercitazioni, un'intensa attività tutoriale incentrata su progetti sviluppati con un lavoro di gruppo organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi.

## Prerequisiti

Termodinamica delle soluzioni, Fenomeni di trasferimento fra fasi, Fondamenti di Impiantistica Industriale

## Contenuti

TRASFERIMENTO DI QUANTITA' DI MOTO: macchinario d'impianto

Termodinamica applicata alle macchine, diagrammi di stato. Perdite di carico distribuite e concentrate. Curva caratteristica di un circuito. Pompe centrifughe (prevalenza, NPSH, potenza, curve caratteristiche), punto di progetto, il problema del pompaggio. Pompe in serie ed in parallelo. Compressori centrifughi ed assiali (prevalenza, potenza, curva caratteristica). Compressori multistadio interrefrigerati. Turbine a vapore ed a gas. Schemi di processo con regolazione e controllo per l'installazione di pompe, compressori e turbine

TRASFERIMENTO DI CALORE: scambiatori di calore e schemi di processo

Trasferimento di calore fra fasi: fluidi in equicorrente ed in controcorrente. Coefficienti di film: convezione naturale e forzata, teoria di Nusselt per film condensanti, teoria di McAdams per film all'ebollizione. Resistenze in serie, coefficiente globale di scambio e suo andamento nel tempo: fattore di sporramento. Equazione differenziale del trasferimento di calore e condizioni di integrabilità. Scambiatori a fascio tubiero (shell&tube). Progettazione e verifica di scambiatori con trasferimento di calore sensibile. Progettazione e verifica di scambiatori con trasferimento di calore latente di evaporazione/condensazione: ribollitori, evaporatori, condensatori. Calcolo della coibentazione. Schemi di processo con regolazione e controlli per scambiatori, condensatori ed evaporatori.

TRASFERIMENTO DI MATERIA: colonne bifasiche e schemi di processo

Richiami sulla cinetica del trasferimento di materia: modelli di diffusione molecolare, coefficienti di trasferimento di materia. Tipi di colonne a riempimento ed a piatti. Fluidodinamica di colonne liquido-gas a riempimento ed a piatti. Fluidodinamica di colonne liquido-liquido. Modelli di calcolo per il trasferimento di materia sia in continuo che a stadi. Rendimento di piatto e di torre.

Distillazione- Equilibrio liquido-vapore a più componenti. Singolo stadio di equilibrio: varianza. Sistemi binari, sistemi a più componenti: metodi short-cut. Varianza e scelta dei parametri di processo.

Assorbimento- Equilibrio liquido-gas. Trasferimento di un singolo componente: caso isoterma e non isoterma. Varianza e scelta dei parametri di processo.

Estrazione liquido-liquido- Equilibri ternari: rappresentazione analitica e grafica. Singolo stadio di equilibrio: varianza. Stadi di equilibrio in controcorrente semplice e con riflusso. Varianza e scelta dei parametri di processo.

Schemi di processo con regolazione e controlli per colonne liquido-gas e liquido-liquido

TRASFERIMENTO CONTEMPORANEO DI MATERIA E CALORE

Umidificazione e deumidificazione: Termodinamica delle miscele gas-vapore, diagramma psicrometrico  
Trasferimento di calore in colonna a riempimento: Torre di raffreddamento di acqua industriale mediante aria. Condensatore a contatto diretto in presenza di incondensabile.

Schemi di processo con regolazione e controlli per scambiatori di calore a contatto diretto

SCHEMI DI PROCESSO TIPICI

- Colonne di distillazione in serie.
- Assorbimento e stripping.
- Distillazione estrattiva e stripping.
- Distillazione azeotropica binaria e ternaria.

- Estrazione liquido-liquido con ricircolo di estratto.
- Processo con reattore chimico.
- Processo di termovalorizzazione di rifiuti solidi.
- Processo per il mantenimento del vuoto negli impianti: sistemi di eiettori e condensatori intermedi.

SCHEMI DI PROCESSO: Servizi di Stabilimento

- Processo di generazione e rete di distribuzione di energia termica ed elettrica: ciclo a vapore.
- Processo di raffreddamento e distribuzione di acqua industriale: torre di raffreddamento ad aria.
- Processo di raffreddamento e distribuzione di acqua refrigerata: cicli frigoriferi.

## Metodi Didattici

Il Corso di Impianti Chimici è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. Inoltre, progetti su specifici argomenti del Corso, vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati. Le relazioni finali sono presentate e discusse in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso di Impianti Chimici sono verificate attraverso:

- una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale, della durata di 4 ore;
- una prova orale che si svilupperà all'interno di due aree tematiche assegnate allo studente quattro ore prima del colloquio.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritta ed orale) viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

## Testi

- Green D.W., Perry R.H., Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Ed., Mc Graw-Hill.
- Treybal R.E., Mass Transfer Operations, Mc Graw-Hill.
- Kern D.Q., Process Heat Transfer, Mc Graw-Hill.

Bibliografia aggiuntiva:

- Hewitt G.F., Shires G.L., Bott T.R., Process Heat Transfer, CRC Press.
- Sinnott R., Tower G., Chemical Engineering Design 5th Ed., Butterworth-Heinemann.
- Couper J.R., Penney Q.R., Fair J.R., Walas S.M., Chemical Process Equipment, Elsevier.

# INGEGNERIA E DESIGN DI PRODOTTO

**Docente** Emanuele Mauri (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le competenze per l'analisi e l'applicazione dei concetti teorici della chimica e

dell'ingegneria ai prodotti di valore reale. Dall'analisi delle esigenze esistenti nel mondo dell'industria chimica (e non solo), si cercherà di studiare con occhio critico l'idea di prodotto chimico, valutandone il potenziale successo e la realizzazione manifatturiera. I concetti discussi si presentano come interfaccia tra il mondo del laboratorio e quello del mercato globale, evidenziando come una pluralità di soggetti lavorino a un unico progetto affinché possa essere realizzato nel contesto imprenditoriale. Verrà inoltre studiato il concetto di polimerizzazione e di funzionalizzazione polimerica per migliorare le proprietà applicative di un polimero.

#### *Capacità applicative*

Il corso si prefigge di sviluppare le competenze utili ad affrontare le fasi di design e sviluppo di un prodotto destinato all'industria o al consumatore. Lo scopo è quello di fornire gli strumenti per convertire la domanda "Come possiamo fare...?" in "Cosa possiamo fare...?". Inoltre, lo Studente dovrà essere in grado di riconoscere i diversi processi di polimerizzazione, le relative criticità e proporre soluzioni per migliorare le proprietà di un materiale polimerico.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo Studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso discussioni collettive in classe su esempi applicativi e attraverso la scelta del testo di riferimento

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo Studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo Studente dovrà sviluppare una crescente capacità di apprendere, attraverso un metodo di studio basato sulla frequenza alle lezioni e ai laboratori, mediante una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

Conoscenze di matematica, chimica organica e inorganica, fisica e termodinamica

## **Contenuti**

Introduzione al concetto di design di prodotto chimico e di categorie di prodotti dell'industria chimica

Necessità del consumatore

Criteri di selezione delle idee: selezione termodinamica, selezione cinetica e studio di fattibilità

Manifattura di prodotto: preparazione, regole e considerazioni economiche per il lancio di un prodotto

I polimeri, le tecniche di polimerizzazione e le strategie chimiche di funzionalizzazione

Tecniche di caratterizzazione chimico-fisiche dei polimeri

Laboratorio: applicazione sperimentale di concetti visti a lezione, nell'ambito dei polimeri

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali (42 h) che affrontano le tematiche del corso e svolgimento di prove sperimentali in laboratorio (6 h). Il materiale relativo al corso (slide) sarà caricato sulla piattaforma di e-learning.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento consiste in una prova orale finalizzata a promuovere la capacità dello Studente di sostenere una discussione autonoma riguardo alle conoscenze e competenze acquisite.

La prova orale è strutturata nelle seguenti due fasi consecutive:

**Fase 1:** esposizione, della durata massima di 15 minuti, con presentazione in PowerPoint, di un project work realizzato a gruppi di 2 o 3 Studenti, relativo a un case study di design di prodotto, concordato con il docente

a lezione. Nell'elaborato lo Studente deve, almeno, mostrare l'applicazione al caso scelto delle principali fasi richieste per il design di un prodotto, ovvero:

- Individuare le necessità del mercato/consumatore
- Proporre un'idea migliorativa del prodotto
- Valutare la fattibilità dell'idea (selettività), riportando dati e/o considerazioni quantitative
- Proporre la commercializzazione del nuovo prodotto (manifattura)

Il punteggio massimo conseguibile in Fase 1 è pari a 15 punti su 30.

**Fase 2:** due domande sugli argomenti dei contenuti del corso. Il punteggio massimo conseguibile in Fase 2 è pari a 15 punti su 30.

Il punteggio massimo totale conseguibile è pari a 30 punti su 30 e Lode. La Lode sarà attribuita allo Studente che dimostrerà una conoscenza superiore al minimo richiesto.

L'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto totale maggiore o uguale a 18 punti su 30.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello Studente e su un verbale elettronico.

### Testi consigliati

- E.L. Cussler, G. D. Moggridge "Chemical Product Design" – Cambridge University Press (2001)
- C.E. Carraher "Polymer Chemistry" - Marcel Dekker, Inc (2003)

Appunti/slide del docente

## LINGUA INGLESE

**Docente** Roberta Aronica (Tit.); Adam James Martin

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire allo studente le capacità:

- di comprendere dialoghi, conversazioni e brani in lingua inglese di livello B2 riguardanti argomenti di interesse generale e di rispondere a domande sulla comprensione del testo ascoltato;
- di produrre un testo scritto di argomento generale usando vocaboli, strutture grammaticali e sintattiche di livello B2.

Si provvederà ad esaminare in classe solo le strutture grammaticali e sintattiche di livello B2 di cui gli studenti si mostrano carenti durante il corso, per raggiungere le capacità richieste.

*Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di:

- Comprendere un dialogo, conversazione o brano in lingua inglese livello B2 e rispondere a 10 domande di comprensione riguardanti l'ascolto;
- Di produrre un testo scritto di argomento generale di circa 200 parole.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla propria capacità di comprensione del testo ascoltato e sulla elaborazione di un testo in inglese usando gli strumenti che l'insegnante offrirà in classe:

approccio alla comprensione dell'ascolto, metodo di studio, come sviluppare un testo scritto. Gli studenti saranno sollecitati alla verifica autonoma sia attraverso la correzione di composizioni assegnate per casa sia attraverso la correzione delle domande riguardanti gli ascolti effettuati in classe.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come dimostrare l'esatta comprensione dell'ascolto effettuato in classe attraverso risposte chiare e grammaticalmente corrette. Dovrà organizzare l'esposizione scritta sviluppando l'argomento richiesto in modo coerente ed esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse interagendo con l'insegnante ed i compagni in lingua inglese, ed esercitazioni sia in classe che a casa.

### **Prerequisiti**

Nessuno

### **Contenuti**

Il corso rivede e consolida tutte le strutture grammaticali della lingua inglese a livello B2 e rivolge particolare attenzione alla comprensione orale e alla produzione scritta

### **Metodi Didattici**

Lezioni frontali con spiegazione delle strutture grammaticali, ampliamento lessicale ed esercitazione di comprensione orale con materiale autentico in lingua inglese

### **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze lessicali e grammaticali e le abilità relative alla comprensione orale e alla produzione scritta sono verificate mediante una prova scritta su carta in cui lo studente deve sia rispondere a 10 domande aperte relative ad un ascolto orale di livello B2, sia redigere un testo di circa 200 parole seguendo una traccia data. La durata complessiva della prova è di circa due ore.

Il risultato è espresso sotto forma di giudizio idoneo/non idoneo. Per conseguire l'idoneità lo studente dovrà ottenere un giudizio equivalente ad una votazione uguale o maggiore a 18/30 in entrambe le parti della prova. L'idoneità sarà registrata sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

### **Testi**

- "Navigate" B2 coursebook and workbook, Oxford University Press

# MACHINE LEARNING & BIG DATA ANALYSIS

**Docente** Paolo Soda (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione.*

Il Corso di Machine Learning (ML) ha come principale obiettivo che gli studenti acquisiscano i concetti di base del Machine Learning, ovvero il settore della Computer Science che si occupa della realizzazione di sistemi e algoritmi che si basano su osservazioni come dati per la sintesi di nuova conoscenza. Ad esempio, l'apprendimento può avvenire catturando caratteristiche di interesse provenienti da esempi, strutture dati o sensori, per analizzarne e valutarne le relazioni tra le variabili osservate.

In particolare lo studente dovrà:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per l'apprendimento (ad es. teoria bayesiana della decisione, reti neurali, deep learning, classificatori lineari e kernel, metodi di combinazione dei classificatori, feature extraction e feature selection, etc.);
- Comprendere i metodi per la sintesi di nuova conoscenza;
- Comprendere i fondamenti dei metodi per la definizione di una procedura sperimentale e per la valutazione delle prestazioni;
- Comprendere la potenzialità del ML per lo sviluppo di applicazioni mediche, per la visione artificiale, per il big data analytics;
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo per l'applicazione dei metodi di ML.

*Capacità di applicare conoscenza e comprensione.*

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper interpretare in modo appropriato i principali passi degli algoritmi per il ML;
- Acquisire la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione di classici problemi di classificazione, clustering e regressione;
- Saper affrontare un problema (semplice) di analisi dei dati per sintetizzare nuova conoscenza realizzando semplici sistemi decisionali (ad es. per prendere delle decisioni a seguito dell'elaborazione di un segnale, immagine o video);
- Saper utilizzare strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di ML.

*Autonomia di giudizio*

Lo studente dovrà saper giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali. Dovrà inoltre sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati, e dovrà sapere valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

*Abilità comunicative*

Lo studente dovrà saper redigere presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali, e dovrà saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

*Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento che necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

- Introduzione, definizione del concetto di learning e del pattern recognition, definizioni varie, metodologia e processo di analisi, concetto di descrittore o feature;
- Modello del processo di analisi dei dati, semplice esempio di cosa significhi classificare sulla base dell'esperienza, esempio del riconoscimento ittico, overfitting, underfitting;
- Tipi di classificatori, classificazione supervisionata, non supervisionata, semi-supervisionata, regressione;
- Metodi di valutazione delle prestazioni, metodologie sperimentali, cross-validation, matrice di confusione, metriche derivate dalla matrice, di confusione, la curva ROC;
- Il teorema di Bayes e il classificatore bayesiano;
- Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni del kNN, considerazioni computazionali;
- Introduzione alle reti neurali, modello del neurone, funzioni di trasferimento
- Topologia delle reti, grafi; metodi di apprendimento (error-correcting learning, Boltzmann learning, competitive learning, Hebbian learning);
- Convergenza dell'algoritmo di stima pesi per singolo perceptron, soluzione del problema dell'AND;
- Multi layer perceptron (MLP), affidabilità delle decisioni del MLP, soluzione del problema dello XOR;
- Radial Basis Function (RBF), soluzione del problema dello XOR;
- Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, i tipi di kernel, affidabilità delle decisioni;
- Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria di problemi multiclasse;
- Sistemi Multi-Esperto: bagging e boosting, adaboost;
- Feature selection e PCA;
- Deep Learning and image classification: introduzione e review dell'uso delle reti neurali per la classificazione delle immagini, Convolutional Neural Network (CNN), sviluppo di CNN;
- Unsupervised learning, clustering;
- Algoritmi genetici (cenni);
- Metodi per la regressione;
- Metodi per l'analisi di grandi quantità di dati: i big data;
- Laboratorio: uso di Matlab per applicazioni di machine learning;
- Laboratorio: Python e/o Matlab per lo sviluppo di applicazioni che utilizzano il deep learning
- Laboratorio: la libreria Weka.

## Metodi Didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al calcolatore, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al calcolatore è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi in piccoli gruppi e da presentare in aula o in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione problemi di classificazione, clustering e regressione, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di ML.

Agli studenti verrà fornito un dataset reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio si può fornire

un insieme di dati su un segnale biomedico acquisito con una certa metodica, richiedendo agli studenti di sviluppare un algoritmo in grado di predire il valore futuro del segnale stesso.

La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per il ML. Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre l'algoritmo di stima pesi per singolo perceptron".

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, e il lavoro sperimentale determina variazioni positive o negative di alcuni punti del voto finale in funzione della maturità della soluzione adottata, della sua presentazione, e della capacità di discutere criticamente le scelte progettuali. Inoltre, il gruppo che otterrà i migliori risultati nel lavoro sperimentale, comunque superiori ad una certa soglia minima determinata sulla base della complessità del problema, avrà diritto ad +1/+2 punti sulla valutazione finale.

## Testi

- Bishop, Pattern recognition and machine learning. Springer, 2006
- Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012
- Haykin, Neural Network - A comprehensive foundation. McMillan 2004.
- Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics.
- Charu C. Aggarwal - Data Mining The Textbook. Springer 2015.
- Dispense fornite dal docente inerenti il deep learning

# MATERIALS AND CORROSION TECHNOLOGY

**Docente** Francesco Basoli (Tit.)  
**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Obiettivo del corso è fornire le basi per una corretta scelta dei materiali per applicazioni ingegneristiche, con particolare rilievo alla comprensione dei meccanismi di corrosione. Il corso si propone di fornire le conoscenze per la comprensione dei processi fondamentali di funzionamento meccanismi corrosivi nei materiali metallici. Inoltre, fornirà le conoscenze di base riguardanti le diverse forme di corrosione, nonché i metodi di prevenzione, di controllo e i principi di protezione dai fenomeni corrosivi.

### *Capacità applicative*

Lo studente dovrà essere in grado di riconoscere la morfologia della corrosione, ed individuare basandosi sulla forma di corrosione i fattori che ne controllano l'insorgenza. Dovrà essere in grado di rilevare i meccanismi di funzionamento del processo corrosivo e valutarne i conseguenti metodi di protezione e prevenzione sia in fase di progettazione che di gestione e manutenzione.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari e attraverso la scelta del testo di riferimento. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare

l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare una crescente capacità di apprendere, attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni e alle esercitazioni, mediante una partecipazione attiva alle stesse.

### Prerequisiti

Conoscenze di base di chimica inorganica e organica, di matematica e di fisica.

## **Contenuti**

Generalità (12 h):

Proprietà fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali. Classificazione dei materiali (metallici, polimerici, ceramici, compositi). Legami chimici e struttura cristallina dei materiali. Solidificazione dei metalli, policristallinità. Processi attivati termicamente (diffusione).

Proprietà meccaniche dei materiali (12h):

Diagr. sforzo deformazione, effetto della dimensione dei grani, durezza, deformazione plastica, creep, meccanica della frattura, fatica.

Materiali metallici (12h):

Diagrammi di stato e leghe metalliche. Diagrammi di stato (binari). Acciai e ghise. Diagramma di stato Fe-C. Trattamenti termici degli acciai e microstrutture. Leghe non ferrose (cenni).

Corrosione e protezione dei materiali (36h):

Fondamenti elettrochimici e termodinamici della corrosione. Processi anodici e catodici. Diagrammi potenziale-pH. Misura del potenziale di corrosione. Elettrodi di riferimento. Equazione di Nernst. Cinetica di corrosione: sovrapotenziali di attivazione e polarizzazione. Tipologie di corrosione. Verifiche di resistenza a corrosione. Protezione anodica e catodica. Scelta dei materiali nella progettazione.

## **Metodi Didattici**

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche. Esercitazioni di laboratorio su problemi di elettrochimica della corrosione. Come da delibera del SA del 26/04/2017, il corso sarà erogato in lingua inglese.

## **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alle tecnologie dei materiali e alla corrosione sono verificate mediante una prova scritta su carta in cui lo studente deve rispondere a un totale di n. 3 domande a risposta aperta. Le domande si baseranno sul programma del corso, ogni domanda/esercizio darà allo studente un punteggio variabile tra 0 e 10 punti.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi (fino a 30/30 e lode) e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## **Testi**

- William D. Callister Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, John Wiley & Sons
- Mars G. Fontana, Corrosion Engineering. McGraw-Hill

Bibliografia aggiuntiva:

- Pietro Pedferri, Corrosione e protezione dei materiali metallici, Polipress.
- Danny A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, Prentice Hall College Div

- Walter Nicodemi, Metallurgia: Principi generali - Zanichelli
- W.F.Smith, Scienza e Tecnologia dei materiali, McGraw Hill;
- Sinnott-Towler, Chemical Engineering Design, Butterworth-Heineman.

Dispense fornite dal Docente scaricabili su <http://moodle.unicampus>

## MODELLI FISICO-MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

**Docente** Christian Cherubini (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione dei metodi fisico-matematici con possibili applicazioni a problematiche di rilievo per l'Ingegneria Chimica. L'ottica pertanto è quella integrare le conoscenze di base acquisite nella area dei principi di Ingegneria Chimica con una modellazione matematica avanzata quale strumento metodologico che consenta un'interpretazione quantitativa di un qualunque processo di trasformazione.

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di trattare con adeguato rigore fisico-matematico vari sistemi naturali descritti da equazioni differenziali alle derivate parziali.

#### *Capacità applicative*

Le conoscenze fisico-matematiche acquisite vengono consolidate attraverso alcuni esempi analitici e alcune simulazioni numeriche selezionate di fenomeni specifici.

Tali capacità applicative risulteranno centrali in futuro nella fase di studio e progettazione dei processi di trasformazione dell'industria alimentare, della produzione di energia da fonti rinnovabili e della protezione ambientale ad esempio, al fine di programmare campagne sperimentali idonee alla validazione ed implementazione.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà portato a sviluppare un approccio critico nell'elaborare e comprendere concetti ed a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi proposti.

Questa autonomia di giudizio sarà rafforzata invogliando il più possibile gli studenti a porre quesiti su argomenti che risultassero poco chiari o dei quali si vorrebbe avere maggior dettagli.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come formulare i quesiti nel linguaggio fisico-matematico più appropriato, esponendo gli argomenti in modo chiaro ed efficace.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare una capacità di apprendimento sequenziale del metodo fisico-matematico, mettendo in opera metodologie di studio che rendano utile il frequentare attivamente le lezioni e le esperienze selezionate di simulazione numerica selezionate.

### Prerequisiti

Sono presupposte conoscenze pregresse di Analisi Matematica, Geometria ed Algebra Lineare, Fisica Generale

## Contenuti

- introduzione alle equazioni alle derivate parziali.
- Equazione del calore, equazione di diffusione-convezione, presenza di sorgenti, significato delle differenti condizioni al contorno, anisotropia.
- Tecniche di soluzione per l'equazione del calore monodimensionale, l'adimensionalizzazione, il principio di sovrapposizione.
- Risoluzione del problema omogeneo e non omogeneo tramite la tecnica della separazione di variabili.
- Soluzione del problema dell'equazione del calore con perdita di calore laterale e con meccanismi di diffusione-convezione,
- Analisi complessa, generalità, teorema dei residui, trasformate ed antitrasformate di Fourier e di Laplace: applicazioni alla

soluzione di equazioni differenziali ordinarie e dell'equazione del calore.

- Caratteristiche per le equazioni alle derivate parziali del secondo ordine, classificazione, l'equazione delle onde in una dimensione.
- Equazioni alle derivate parziali del primo ordine, leggi di conservazione non lineari, onde di shock, soluzione di sistemi di equazioni alle derivate parziali lineari accoppiate.
- Trasformazioni conformi e PDE
- Studio di problemi multidimensionali.

Sono previste delle lezioni frontali con esperienze selezionate di simulazione numerica.

## Metodi Didattici

I metodi didattici del corso prevedono delle lezioni frontali alla lavagna, con slides e delle esperienze di simulazione numerica selezionate. Laddove necessario, il docente fornisce agli studenti del materiale supplementare attraverso la piattaforma informatica <https://elearning.unicampus.it/>.

## Verifica dell'apprendimento

Le verifiche di apprendimento sono eseguite attraverso una prova di un' ora di durata in cui lo studente risponde in forma scritta a due domande mirate sul programma dettagliato del corso messo a disposizione online dal docente e le consegna. I membri della commissione d'esame visionano tale materiale e commentandolo assieme allo studente comunicano un punteggio in trentesimi. A tal riguardo, ad ogni domanda risposta è attribuito un punteggio da 0 a 15. L'esame si considera superato se lo studente ottiene un voto complessivo finale di 18/30 (sufficienza) o superiore (fino a 30/30) dato dalla somma dei due punteggi. La lode è conferita se lo studente ottiene il punteggio di 30/30 e l'esame è stato effettuato in maniera esemplare. Tale voto se accettato dallo studente viene registrato sul libretto e su un verbale elettronico. Qualora il voto dell'esame complessivo risultasse insufficiente lo studente si dovrà ripresentare ad uno degli appelli successivi rispondendo nuovamente a due domande selezionate nel programma.

## Testi

- S.J. Farlow, "Partial Differential Equations for Scientists and Engineers", Dover, (1993).
- M.R. Spiegel, "Schaum Outline of Laplace Transforms" McGraw-Hill; 1 edition (1965).

## PRINCIPI DI INGEGNERIA BIOCHIMICA

<b>Docenti</b>	Vincenzo Piemonte (Tit.); Mauro Maccarrone
<b>Periodo</b>	Ciclo Annuale Unico

### Obiettivi

Lo scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli strumenti per l'analisi e la progettazione di bioreattori e dei processi up-stream e down stream che caratterizzano le biotecnologie industriali. Il corso, sviluppato attraverso l'approccio tipico dei principi dell'ingegneria biochimica, metterà a disposizione dell'allievo strumenti quantitativi di valutazione ed analisi dei bioreattori e dei processi biotecnologici.

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi di ingegneria biochimica.

#### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate sulla progettazione di bioreattori e principi di processi biotecnologici indispensabili alla progettazione e ottimizzazione di innovativi processi biotecnologici industriali.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

### Prerequisiti

Nessuno

### Contenuti

#### Modulo 1: Biochimica e biologia molecolare 6 CFU BIO/10

1) Cellula procariotica ed eucariotica. 2) Fondamenti di biochimica. 3) Acqua e legami. 4) Amminoacidi, peptidi e proteine. 5) Struttura tridimensionale delle proteine. 6) Funzione delle proteine. 7) Enzimi, catalisi ed inibizione. 8) Carboidrati e glicobiologia. 9) Lipidi e membrane. 10) Bioenergetica e tipi di reazioni biochimiche. 11) Metabolismo cellulare. 12) Glicolisi e fermentazioni. 13) Principi di biologia molecolare. 14) Elementi di biochimica e biologia molecolare applicata (spettrofotometria, fluorimetria, elettroforesi, cromatografia, tecniche radioisotopiche, tecniche immunochimiche, vettori e clonaggio, Northern blotting, Southern blotting, RT-PCR).

#### Modulo 2: Principi di ingegneria biochimica 9 CFU ING-IND/24

1) Richiami di catalisi omogenea ed eterogenea.

2) Bioreattori Enzimatici

Bioreattori con enzimi liberi (batch, bioreattore ad ultrafiltrazione, bioreattore a dialisi)

Tecniche di immobilizzazione ed intrappolamento enzimatico, cinetica degli enzimi immobilizzati, problemi diffusionali, efficienza enzimatica.

Bioreattori tubolari con enzimi immobilizzati.

3) Bioreattori cellulari

Bioreattori batch, fed-batch, fermentatori.

Stabilità dei fermentatori, problema del Wash-out

Bioreattori continui aerobici ed anaerobici

Bioreattori con aggregati cellulari, concetto di ossigeno limitante

Cenni di modelli strutturati e popolazioni miste

Bioreattori con cellule ricombinanti

4) Processi Upstream

Sterilizzazione termica, tecniche speciali di sterilizzazione

Pastorizzazione

Processi di estrazione e pretrattamenti delle materie prime: metodi chimici e metodi fisici

5) Processi Downstream

Lisi cellulare (estrazione del prodotto)

Separazioni meccaniche (centrifugazione, filtropressa)

Separazione a membrana

Processi basati sulla distillazione

Processi di purificazione del prodotto: adsorbimento, HPLC

6) Case Studies

Produzione di farmaci

Processi di bioraffineria : produzione di biocombustibili e bioplastiche.

## Metodi Didattici

Le lezioni si svolgeranno attraverso una didattica frontale tesa a fornire gli elementi per l'analisi e la progettazione di bioreattori, e più in generale di processi biotecnologici, e attraverso esercitazioni di gruppo per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame scritto e orale. La prova scritta su carta consiste nello svolgimento di un esercizio progettuale e mira a valutare la capacità di analisi e progettazione di bioreattori. La prova scritta ha una durata complessiva di 5 ore. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. L'esame orale mira soprattutto alla valutazione della capacità di dimensionare bioreattori industriali e analizzare processi biotecnologici, ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- M. Samaja, R. Paronidi. Chimica e biochimica. PICCIN 2015.
- M. Marzona, Chimica delle fermentazioni e microbiologia industriale. PICCIN 1996.
- Dispense del docente.
- J. E. Bailey, D. F. Ollis, Biochemical engineering fundamentals, McGraw-Hill, 1986.  
Dispense del docente.

# PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA

**Docente** Vincenzo Piemonte (Tit.)  
**Periodo** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi

Il corso rappresenta il fondamento culturale dell'ingegnere chimico. Rappresenta la base su cui costruire le successive conoscenze per attuare l'analisi di processo e per sviluppare la progettazione delle tecnologie e dei sistemi produttivi nei settori Energetico, Ambientale, Oil&Gas, Petrolchimico, Chimico, Biotecnologico, Farmaceutico ed Agroalimentare.

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze fisico-matematiche e ingegneristiche di base indispensabili per l'analisi di casi applicativi tipici dell'ingegneria chimica.

### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi dell'ingegneria chimica

### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate di fenomeni di trasporto e termodinamica indispensabili per la progettazione e l'ottimizzazione di processi industriali.

### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti

### 1) Equilibri L-V e I-G: approccio $\gamma$ - $\varphi$ .

Teoria delle soluzioni regolari, modelli derivanti dall'espansione di Whol, modelli a composizione locale, modelli semiprevisionali.

Calcolo degli equilibri ad alta pressione.

Criteri di scelta dei modelli termodinamici e implementazione in simulatori di processo

### 2) Termodinamica delle superfici.

Teoria dell'adsorbimento, isoterme di adsorbimento, adsorbimento multicomponente.

Termodinamica dei processi irreversibili applicata alle membrane

### 3) Trasferimento di Materia.

Diffusività e legge di Fick, Convezione e Diffusione, Convezione e Reazione, Reazione e Diffusione, fattore di efficienza.

Bilanci macroscopici di materia, coefficienti di scambio globale, teoria del film, teoria dello strato limite, teoria della penetrazione.

Trasporto in sistemi multicomponente non diluiti: mezzo stagnante, equimolecolare contrario, leggi di Stephan-Maxwell.

Trasferimento attraverso letti adsorbenti, curve di rottura, cinetica di adsorbimento per sistemi multicomponente.

Trasferimento attraverso membrane. Modello di soluzione e diffusione (membrane dense), permeabilità idraulica (membrane porose).

### 4) Bilanci accoppiati.

Bilanci di materia ed energia: leggi dell'umidificazione e deumidificazione.

Bilanci energia e quantità di moto: convezione naturale.

Teoria del flusso bifasico.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame scritto ed orale. La prova scritta su carta consiste nello svolgimento di 2 esercizi nelle due macroaree del corso, termodinamica e fenomeni di trasporto avanzati. La prova scritta ha una durata complessiva di 4 ore. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. L'esame orale mira soprattutto alla valutazione della capacità di problem solving, ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- R.B. Bird, W.E. Stewart and E.N. Lightfoot, Transport Phenomena 2nd Ed., John Wiley & Sons.
- S.I. Sandler, Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics
- Dispense del docente

# PROCESSI E TECNOLOGIE INDUSTRIALI

**Docente** Mauro Capocelli (Tit.); Diego Barba

**Periodo** Ciclo annuale unico

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e gli strumenti per la comprensione e l'assimilazione delle basi

teoriche e progettuali dell'analisi di processo rivolta al settore degli impianti di produzione di energia, delle tecnologie dell'acqua e al settore dei processi chimici e petrolchimici (con riferimento agli ambiti dell'Oil&Gas e della chimica inorganica).

#### *Capacità applicative*

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi di processo strumentati con bilanci di materia e di energia, le singole apparecchiature e di effettuare la simulazione matematica per l'analisi del comportamento del processo al variare dei suoi principali parametri operativi. Tutto ciò con riferimento alle unità che costituiscono il corso integrato:

- Produzione di energia termica ed elettrica con particolare riferimento alle fonti rinnovabili.
- Utilities tipiche di uno stabilimento industriale: distribuzione di energia elettrica/termica, reti di raffreddamento con acqua industriale e refrigerata, cicli frigoriferi.
- Commodities dell'industria chimica e petrolchimica: dall'estrazione delle materie prime ai processi di trattamento in una moderna raffineria con particolare riferimento alle tecnologie di trattamento di effluenti gassosi e liquidi.

#### *Autonomia di giudizio*

Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo (guidato ed autonomo) con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie capacità di elaborazione e presentazione dei risultati. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

#### *Abilità nella comunicazione*

La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente a elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente sviluppa una crescente capacità di apprendimento attraverso una metodologia di insegnamento che affianca alla frequenza costante delle lezioni ed esercitazioni, un'intensa attività tutoriale incentrata su progetti sviluppati con un lavoro di gruppo organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi.

## **Prerequisiti**

Chimica, Fisica, Fenomeni di Trasporto, Fondamenti di Impiantistica Industriale

## **Contenuti**

### **UD-1 PROCESSI INTEGRATI ACQUA ENERGIA**

#### INTRODUZIONE

Fabbisogno energetico mondiale – Accordo sul clima, Impatti ambientali ed Effetto serra, Problema della scarsità delle risorse, Fonti rinnovabili di energia, Combustibili, Processi di Combustione, gassificazione e pirolisi, Richiami di Elementi di Termodinamica applicata ai cicli termici

#### GENERAZIONE DI ENERGIA

- Schemi di processo per la generazione di energia elettrica con ciclo a vapore e turbogas
- Recupero di calore di scarto, schemi combinati per la generazione di energia elettrica: caldaie a più livelli di pressione.
- Schema di processo per la cogenerazione di energia elettrica e termica e reti di distribuzione di energia termica
- Schemi di Produzione da Fonti rinnovabili (Solare, Geotermica ed Eolica)
- Trattamento emissioni inquinanti

- Criteri economici per la stima dei costi di produzione

#### RAFFREDDAMENTO INDUSTRIALE

- Raffreddamento con aria
- Raffreddamento con acqua in ciclo chiuso
- Raffreddamento con ciclo frigorifero
- Impianti di condizionamento
- Trigenerazione

#### TECNOLOGIE DELLE ACQUE

- Il problema della scarsità delle acque e le tecnologie di riuso
- Caratterizzazione chimico-fisica dell'acqua: durezza e solubilità dei Sali, problemi derivanti dalla composizione salina.
- Trattamenti delle acque marine e salmastre
- Processi termici di dissalazione (Multi-Stage Flash Evaporation, Multi-Effect Distillation, Termocompressione meccanica)
- Processi a membrana: Osmosi Inversa, microfiltrazione, ultrafiltrazione.
- Cenni su processi di dissalazione alternativi

#### DUAL PURPOSE PLANTS

- Processi integrati per la produzione di energia elettrica e acqua dissalata da fonte fossile
- Energia solare e dissalazione termica
- Fotovoltaico e processi a membrana
- Il risparmio energetico e la funzione essergia
- Elementi di valutazione economica nelle produzioni duali

### **UD-2 PROCESSI CHIMICI E PETROLCHIMICI**

#### TECNOLOGIE DI ESTRAZIONE DEL PETROLIO

- Ricerca e Tecnologie di estrazione onshore ed offshore
- Trattamenti in situ per la separazione delle fasi
- Il problema delle acque di produzione

#### GAS NATURALE e INDUSTRIA dell'IDROGENO

- Processo di addolcimento del gas naturale
- Trattamento dei gas acidi con produzione di zolfo (Claus-Scott)
- Trasporto del gas naturale in fase liquida e gassosa
- Processo di steam reforming per la produzione di syngas e idrogeno
- Processo di produzione di metanolo

#### IL PETROLIO ED I PROCESSI di RAFFINERIA

- Composizione del grezzo e criteri per la sua caratterizzazione
- Schema a blocchi di una moderna raffineria
- Processo di Pretrattamento e Distillazione atmosferica (topping)
- Distillazione sotto vuoto della frazione pesante (vacuum)
- Processo di Desolforazione - Hydrotreating
- Processo di Reforming
- Processi di Cracking catalitico e Hydrocracking
- Processi di Cracking termico e Visbreaking

### PETROLCHIMICA: Case Studies

- Produzione di etilene e propilene (steam cracking e processi di separazione)
- Produzione di aromatici (reforming, processo di estrazione e frazionamento)
- Dall'etilene e propilene alla produzione di materie plastiche e resine
- Dal benzene alla produzione di materie plastiche e tensioattivi

### PROCESSI INDUSTRIALI INORGANICI: Case Studies

- Processo di Distillazione dell'aria (ossigeno e azoto)
- Processo Acido Nitrico
- Processo Acido Solforico
- Processo Acido Cloridrico
- Processo Ammoniaca ed Urea

## Metodi Didattici

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. Alcuni progetti vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati. Le relazioni finali vengono presentate e discusse in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno. Lo studente è guidato nella costruzione di appunti comprensivi di schemi di processo e tabelle nella forma di handbook.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso sono verificate attraverso:

- una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale, della durata di 4 ore;
- una prova orale che si sviluppa sulla base della discussione del tema scritto e su due aree tematiche aggiuntive assegnate allo studente due ore prima del colloquio orale.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritto ed orale) viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

## Testi

- Don W. Green; Robert H. Perry, Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th edition McGraw -Hill
- U. Coulson, J. F. Richardson, Chemical Engineering, Pergamon Press.
- M.S.Peters, K.D. Timmerhaus, Plant Design and Economics for Chemical Engineers - Mc Graw-Hill.
- El-Dessouky H.T., Ettouney H.M., Fundamentals of Salt Water Desalination 2nd Ed., Elsevier
- Boyce M.P. Handbook for Cogeneration and Combined Cycle Power Plants 2nd Ed., ASME
- Wiif M., The guidebook to Membrane Desalination Technology, Balaban Desalination Technology.
- Wiif M., The guidebook to Membrane Technology for Wastewater Reclamation, Balaban Desalination Technology.
- G.T. Austin. Shreve's Chemical Process Industries. 5th Edition
- Chauvel Lefebvre. Petrochemical Processes. Technip Edition
- C. Giavarini. Guida allo studio dei processi di raffinazione e petrolchimici. Edizioni Siderea
- Eni, Enciclopedia degli Idrocarburi, Treccani

Dispense del Corso a cura del Docente

## PROCESSI E TECNOLOGIE PER LA VALORIZZAZIONE DI BIOMASSE E RIFIUTI

**Docente** Agostino Re Rebaudengo (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

Il corso introduce il tema del cambiamento climatico, delle sue cause e delle possibili soluzioni, tra cui la transizione verso un sistema energetico a basse emissioni e l'adozione di processi e tecnologie sostenibili coerenti con i principi di economia circolare, in particolare per il trattamento della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU). Un approfondimento sarà dedicato all'avanzamento della ricerca e della cattura e valorizzazione della CO<sub>2</sub>.

#### *Capacità acquisite*

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

- comprendere ed analizzare i processi e le tecnologie per la produzione di biogas, biometano, energia elettrica e compost dalla digestione anaerobica della FORSU;
- conoscere le procedure autorizzative, di allacciamento e di accesso agli incentivi per gli impianti di produzione di biometano da FORSU;
- conoscere i principali strumenti per la valutazione economica e finanziaria e la gestione di un progetto.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà chiamato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti. Gli studenti saranno sollecitati durante le lezioni a interagire con il docente al fine di migliorare le loro capacità analitiche sui temi trattati.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente sarà chiamato ad esporre durante le lezioni gli argomenti trattati in modo chiaro ed efficace per dimostrare di averli compresi ed essere in grado di utilizzarli nel mondo del lavoro.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente massimizzerà la sua capacità di apprendere frequentando in modo proattivo le lezioni e le esercitazioni e studiando il materiale del corso fornito dal docente.

### Prerequisiti

Conoscenze di termodinamica, di chimica generale e organica.

### Contenuti

1. Introduzione al cambiamento climatico: cause, conseguenze e soluzioni. Scenario energetico globale e tendenze.
2. Introduzione ai principi dell'economia circolare e panoramica sul sistema nazionale di gestione dei rifiuti. La valorizzazione energetica del biogas da discarica: modelli predittivi di produzione, struttura degli impianti e tecnologie.
3. Nozioni di pianificazione strategica, piano d'azione e controllo delle performance. La valutazione economica e finanziaria di una nuova iniziativa nel settore del biometano. I principali indicatori economico-finanziari di un progetto: la struttura dei costi e dei ricavi, il conto economico, i flussi di cassa, i CAPEX. La gestione della commessa.
4. Il processo di digestione anaerobica di biomasse e rifiuti: le fasi biologiche e i parametri di processo,

tipologie di biodigestori e confronto tra le tecnologie impiantistiche, bilanci di massa ed energia, produzione di biometano e compost.

5. I trattamenti del biogas: produzione di energia termica ed elettrica da cogenerazione, confronto tra processi e tecnologie per l'upgrading a biometano.
6. Le nuove iniziative nel settore del biometano: modelli di sviluppo, iter autorizzativi, finanziamento dei progetti, procedure di allaccio e accesso agli incentivi.
7. La cattura e l'utilizzo della CO<sub>2</sub>: tecnologie, utilizzi, progetti di ricerca.
8. I processi termochimici e la sostenibilità dell'industria agroalimentare. Tecnologie per il recupero di materia ed energia da rifiuti solidi: gassificazione e pirolisi. Recupero e valorizzazione dei sottoprodotti delle filiere agroalimentari.

## Metodi Didattici

I contenuti del corso verranno presentati attraverso lezioni frontali con riferimenti puntuali ad applicazioni concrete. Le nozioni apprese durante le lezioni troveranno inoltre riscontro pratico con una visita approfondita ad un impianto. È prevista la partecipazione di autorevoli «addetti ai lavori» che, attraverso la loro esperienza, completeranno la formazione fornita dal docente.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova scritta che comprenderà trenta domande a risposta chiusa e una domanda a risposta aperta, ovvero 33 domande a risposta chiusa. Le domande hanno l'obiettivo di verificare l'apprendimento delle nozioni teoriche e pratiche affrontate nel corso. Il punteggio massimo conseguibile nella prova è di 30/30 e lode. L'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto sarà registrato sul libretto dello studente e sul sistema informatico dell'Università.

## Testi

Dispense del docente caricate sulla piattaforma digitale E-learning.

# PROGETTAZIONE DELLE APPARECCHIATURE PER L'INDUSTRIA DI PROCESSO

**Docente** Antonino Germana' (Tit.)

**Periodo** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e gli strumenti necessari per affrontare problemi connessi alla progettazione e la realizzazione degli impianti dell'industria di processo trasversalmente ai settori energetico, ambientale, delle acque, Oil&Gas, chimico, petrolchimico, biotecnologico, farmaceutico, etc., in cui opera l'ingegnere chimico.

Una specificità del corso è quella di proporre elementi di conoscenza aggiuntivi che consentano, in sede di progettazione, di tener conto del concetto di sostenibilità pensato come valore aggiunto ogni volta che ci si appresti a progettare un impianto industriale.

### *Capacità applicative*

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi meccanici strumentati (P&I), progettazione meccanica delle singole apparecchiature e simulazione matematica per l'analisi del comportamento sotto sforzo del piping e delle apparecchiature.

### *Autonomia di giudizio*

Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo autonomo, con l'utilizzo di software specifici per la progettazione meccanica e per la visualizzazione 3D degli impianti, con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie elaborazioni che dovrà successivamente illustrare alla classe e al docente. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### *Abilità nella comunicazione*

La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente a elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.

### *Capacità di apprendere*

Lo studente sviluppa una crescente capacità di apprendimento attraverso una metodologia di insegnamento che affianca alla frequenza costante delle lezioni ed esercitazioni, un'intensa attività di progettazione strutturata con i criteri organizzativi tipici delle società di ingegneria.

## **Prerequisiti**

Nessuno

## **Contenuti**

Ingegneria delle Apparecchiature:

- Norme di progettazione per apparecchiatura in pressione (EUROCODICI, ASME). Calcolo di fasciami cilindrici, fondi piani, bombati e conici. Dimensionamento di flange, piastre tubiere, bocchelli e bulloneria.
- Dimensionamento meccanico delle principali apparecchiature di processo (colonne, scambiatori di calore, reattori e serbatoi).
- Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazione delle apparecchiature: aspetti connessi con il dimensionamento ed approvvigionamento.

Ingegneria del macchinario:

- Pompe, compressori, turbine a vapore, motori elettrici. Norme API, specifiche tecniche, materiali di ostruzione, criteri di installazione, avviamento e collaudo.

Ingegneria delle tubazioni:

- Tubazioni e Valvole: Standardizzazione (UNI, ANSI) nella progettazione di reti tubazioni e relative valvole. Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazioni di tubazioni e di valvole, aspetti normativi (UNI, ASTM). Analisi degli sforzi e progettazione delle reti di tubazioni ad alta temperatura.
- Schemi di Impianto: Convenzioni e simboli. Criteri generali per la elaborazione di uno schema meccanico. Schemi meccanici tipici di servizi: stazione di pompaggio e distribuzione di acqua, distribuzione vapore, distribuzione aria compressa.
- Schemi di impianti tipici: centrale termica, impianto aria compressa, impianto di dissalazione dell'acqua di mare.

## **Metodi didattici**

Il Corso di Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo I è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. Inoltre, progetti su specifici argomenti del Corso, vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati. Le relazioni finali sono presentate e discusse in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno.

## Verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso di Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo sono verificate attraverso:

- una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale, della durata di 4 ore;
- una prova orale che si svilupperà all'interno di due aree tematiche assegnate allo studente quattro ore prima del colloquio.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritto ed orale) viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

## Testi

- Coulson & Richardson's, Chemical Engineering, Pergamon Press.
- Young E.H., Process Equipment Design, J.Wiley.
- King R.C., Piping Handbook, McGraw-Hill.

Bibliografia aggiuntiva:

- Eugene Megyesy, Pressure Vessel Handbook, PV Publishing, Inc.
- Dennis Moss, Pressure Vessel Design Manual, Gulf Professional Publishing.

# REATTORI CHIMICI

<b>Docente</b>	Luigi Marrelli (Tit.)
<b>Periodo</b>	Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

Scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli elementi della cinetica chimica e dei fenomeni di trasporto che caratterizzano i vari tipi di reattori industriali in modo che lo studente sia in grado di rappresentare mediante modelli matematici il comportamento dei reattori e di effettuarne il dimensionamento di processo.

L'approccio didattico è basato sulla presentazione di problemi pratici che gli studenti sono invitati a risolvere sulla base delle conoscenze teoriche.

## Prerequisiti

Analisi matematica e calcolo  
Meccanica e termodinamica  
Fenomeni di trasporto

## Contenuti

- Richiami di termodinamica e cinetica chimica
  - Bilanci di materia e di energia per sistemi reagenti. Definizione di conversione e di grado di avanzamento di una reazione. Vincoli stechiometrici. Termodinamica dell'equilibrio chimico.
- Calcolo della composizione di equilibrio di sistemi reagenti omogenei ed eterogenei.
- Cinetica chimica: definizione della velocità di reazione. Espressioni cinetiche e meccanismi di reazione.

Effetto della composizione e della temperatura sulla velocità di reazione. Analisi dei dati cinetici.

- Reattori ideali: Reattori a mescolamento perfetto e reattore tubolare con flusso a pistone. Relazioni di bilancio per reattori isotermi omogenei. Calcolo del volume del reattore. Confronto fra reattori a mescolamento perfetto e reattore tubolare. Sistemi reagenti a densità variabile: tempo di permanenza effettivo ed apparente. Problemi termici nei reattori ideali: bilanci di energia. Cenni sulle condizioni di stabilità dei reattori.

Sistemi costituiti da più reattori. Reazioni multiple: resa e selettività.

- Reattori non ideali: funzioni di distribuzione dei tempi di permanenza. Diagnosi delle cause di deviazione dal comportamento ideale; modellizzazione dei reattori reali.
- Reattori eterogenei: cinetica chimica e diffusione nelle reazioni eterogenee.
- Reazioni fluido-solido: modello del nucleo reagente.
- Catalisi eterogenea: modelli cinetici dei meccanismi di reazione. Interazioni fra cinetica chimica e cinetica fisica.

Fattore di efficienza.

- Reattori fluido-solido - Dimensionamento dei reattori fluido-solido. Reattori a letto fisso, a letto mobile ed a letto fluidizzato.

Problemi di fluidizzazione: minima velocità di fluidizzazione e velocità terminale. Trasferimento di materia e di calore nei reattori a letto fluidizzato. Modelli per il calcolo della conversione nei reattori a letto fluidizzato. Applicazione ai reattori catalitici.

- Reazioni gas-liquido - Reazioni lente, veloci ed infinitamente veloci. Calcolo dei reattori e delle apparecchiature di assorbimento con reazione.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche.

## Verifica dell'apprendimento

La prova di verifica consiste nello svolgimento di una prova scritta consistente nella soluzione numerica di un paio di esercizi ed in una prova orale consistente nella discussione di un paio di problemi.

La prova orale può essere sostenuta solo se la prova scritta è sufficiente.

Il voto finale è determinato dai voti della prova scritta e di quella orale

## Testi

Dispense del docente ed esercizi risolti.

- L. Marrelli, Reattori Chimici Vol.1 e Vol.2, Ed. Efestò,
- O. Levenspiel, Ingegneria delle Reazioni Chimiche, Ed. Ambrosiana.
- S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall.

## SICUREZZA DEGLI IMPIANTI CHIMICI

**Docente** Giorgio Zerboni (Tit.)  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi

#### *Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone l'obiettivo di fornire una chiara e dettagliata visione di come si tiene conto della sicurezza in tutte le varie fasi della realizzazione di un impianto chimico, dagli studi di fattibilità fino all'avviamento e all'esercizio dell'impianto. Inoltre, il corso intende fornire allo studente la capacità di valutazione dei rischi e la conoscenza delle metodologie di prevenzione e mitigazione.

#### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di applicare i principi della sicurezza specifici delle varie fasi di realizzazione di un impianto o di verificarne la corretta applicazione. Inoltre, sarà in grado di utilizzare le appropriate metodologie di prevenzione e mitigazione, e le tecniche di valutazione del rischio utilizzate nell'impiantistica di processo.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà in grado di effettuare una valutazione della adeguatezza delle soluzioni adottate o da adottare per garantire un adeguato livello di sicurezza ad un impianto di processo.

#### *Abilità nella comunicazione*

La conoscenza dei criteri di sicurezza in tutte le fasi delle realizzazione degli impianti, l'utilizzo della corretta terminologia e la familiarità con le tecniche di valutazione del rischio permetteranno allo studente di esporre i propri giudizi e le proprie considerazioni in maniera efficaci e convincenti.

#### *Capacità di apprendere*

La padronanza dei problemi di sicurezza in tutte le fasi di realizzazione di un impianto e dei metodi di prevenzione e mitigazione faciliterà la possibilità di approfondire le proprie conoscenze nel settore di utilizzo che lo studente si troverà ad affrontare nel corso della propria attività lavorativa.

### Prerequisiti

Per un proficuo apprendimento dei temi del corso, è necessaria una buona conoscenza delle basi di progettazione e del funzionamento delle apparecchiature di processo degli impianti chimici.

### Contenuti

1. Le fasi della realizzazione degli impianti: gli studi di fattibilità, la progettazione di processo e la progettazione esecutiva, approvvigionamento e fabbricazione delle apparecchiature e dei materiali, la costruzione, i collaudi, l'avviamento e le marce di prova.
2. La sicurezza durante gli studi di fattibilità: la valutazione dell'impatto ambientale; l'analisi preliminare del rischio tecnologico, le normative in tema di impatto ambientale e sicurezza
3. La sicurezza durante la progettazione: il significato di sicurezza intrinseca; la sicurezza nella elaborazione delle planimetrie, la strumentazione e i sistemi di controllo, coefficienti di sicurezza nel dimensionamento meccanico delle apparecchiature; elementi di sicurezza: valvole di sicurezza, dischi di rottura, valvole di respirazione, interruttori di fiamma, sistemi di torcia, tenute meccaniche ecc.; generatori di emergenza e sistemi di continuità; il review del modello 3D e della costruibilità; i sistemi di fermata di emergenza, le analisi di rischio in fase di progettazione (Hazop, LOPA, albero dei guasti, analisi delle avarie ecc.)

4. La sicurezza in fase di fabbricazione e trasporto di apparecchiature e materiali: programma di fabbricazione, piano qualità, programma di ispezioni e collaudi. Direttive europee di prodotto (PED, EN 13445, Macchine, ATEX, etc.) ; procedimenti di saldatura, qualifiche dei procedimenti e dei saldatori; ispezioni e collaudi , controlli non distruttivi, trasporto dalle officine al cantiere, norme Incoterms.
  5. La sicurezza in fase di costruzione: costruzione in aree vergini o ampliamento di complessi industriali esistenti; piano operativo di sicurezza; analisi geotecniche; sollevamenti pesanti, piani e mezzi di sollevamento; tracciabilità: marcatura e identificazione dei materiali ;permessi di lavoro, lavori a caldo ; collegamenti dei nuovi impianti con quelli in funzione (“tie-in”); disegni “come costruito”; gestione e l’analisi degli incidenti ; i “quasi incidenti “. Assistenza sanitaria in un Cantiere, addestramento del personale di costruzione.
  6. La sicurezza in fase di avviamento: preparazione all’avviamento, preparazione dei sistemi antincendio e di allarme; caricamento dei “chemicals” e dei catalizzatori; bonifica con gas inerti; identificazione delle apparecchiature in fase di preparazione all’avviamento e di esercizio; addestramento del personale di esercizio dell’impianto; i simulatori di processo. fermate di emergenza e piani di evacuazione.
- Esercizi sull’analisi dei rischi mediante le metodologie Hazop,LOPA, FTA e FMEA; esempi di sistemi di fermata di emergenza.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali, in cui vengono illustrati gli argomenti del corso con l’ausilio di presentazioni in power point e svolti esercizi che ne mostrano l’applicazione a problemi specifici. Il file con la presentazione in power point viene trasmesso agli studenti al termine delle lezioni relative ai rispettivi moduli.

## Verifica dell’apprendimento

Le conoscenze e le capacità relative alla sicurezza degli impianti chimici sono verificate mediante una prova orale, basata su 3 diversi argomenti, della durata complessiva di circa 40’.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l’esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- Giorgio Zerboni: Fasi della realizzazione degli impianti chimici Edizioni Efestò Settembre 2015
- Giorgio Zerboni: La sicurezza nella realizzazione degli impianti di processo Edizioni Efestò Settembre 2015

# STRATEGIE DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA

**Docente** Gianni Bardazzi (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione su: aspetti salienti, teorici e pratici, relativi alle tecniche di identificazione e implementazione della strategia di impresa volta allo sviluppo dell’innovazione tecnologica, in specifici settori industriali con un approccio volto allo sviluppo e alla promozione di tecnologie sostenibili, quali energia da fonti alternative e settori legati all’industria chimica (Oil, Gas, Petrochimica,

Fertilizzanti). Obiettivo è di far apprendere allo studente gli strumenti necessari per l'analisi e la progettazione d'impianti e processi tipici dell'industria chimica. Il corso si propone inoltre di favorire il dialogo tra università e imprese attraverso il trasferimento delle conoscenze tecniche e scientifiche sviluppate nei centri di ricerca di eccellenza universitari e delle imprese. Il corso sarà accompagnato da una serie di esercitazioni relative e seminari specifici per dare esperienza diretta in azienda delle politiche di sviluppo tecnologico.

#### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di:

- conoscere lo stato dell'arte inerente al business dell'o&g anche attraverso proiezioni macroeconomiche per il quinquennio successivo;
- conoscere le tecniche più avanzate di analisi ed approfondimento dell'innovazione tecnologica sia essa radicale che incrementale;
- conoscere le attività inerenti la brevettazione e il marketing di un'idea;
- redigere analisi economico finanziarie attraverso la presentazione di business plan idonei alla valutazione di sostenibilità dell'iniziativa individuata;
- Redigere analisi strategiche su le tecnologie da innovare o da brevettare;
- Comprendere il bilancio di un azienda e le implicazioni degli investimenti in r&d.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente, anche attraverso tecniche di rappresentazione come presentazioni in ppt.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse e rendendo tangibile il percorso svolto attraverso la predisposizione di una tesina e sostenendo un esame orale.

## **Prerequisiti**

Nessun prerequisito specifico richiesto

## **Contenuti**

Il corso si compone di lezioni frontali, esercitazioni scritte e seminari esterni. Il corso verrà articolato su "case study" attraverso i quali gli studenti analizzeranno con modalità applicative concrete come affrontare i vari stadi dell'analisi del contesto di mercato per l'indirizzo delle strategie per l'innovazione tecnologica.

Concetti, tecniche e applicazioni: Strategia, Innovazione, Tecnologia, e elementi di MTI (Management for Technological Innovation); Ricerche Bibliografiche; Innovazione tecnologica: tipologie; innovazione radicale e incrementale; Tecniche di Business Development: come costruire un Piano Industriale; Nuovo approccio di Cambridge: a) meno finanziamento pubblico a progetti di R&S, b) maggiori interventi di venture capital in spin off innovativi, c) partenariato centri eccellenza università-imprese, d) formazione professionale mirata all'impiego di processi innovativi in sostituzione a quelli tradizionali

Analisi del contesto di mercato: Il mercato nel mondo globale: analisi dei principali driver dello sviluppo e della competitività; contesto del mercato: EPC contractor a confronto in ambito impiantistico: Petchem e Oil&Gas; analisi dei mercati: dissalazione dell'acqua, nucleare, energia da fonti alternative, fertilizzanti nitrogeni, LNG; costruzione e valutazione dei progetti di investimento, analisi del rischio paese.

Financial e Business Planning: elementi di base per analisi economico-finanziaria e per la costruzione/definizione di un business plan.

Tecniche di Management per l'Innovazione Tecnologica: come creare valore per un'impresa; esempi applicativi; Innovation Strategy: esempi pratici; tipologie; formulazione e costruzione di capabilities per l'innovazione; tecniche di Project Management: le competenze IPMA (International Project Management Association); Brevettazione e Licensing: brevettare e commercializzare una innovazione; management in ambito R&D.

Network e sistemi di comunicazione: cosa sono e perché sono importanti; network scientifici; collaborazione in ambito tecnologico; strategie per la comunicazione e la diffusione delle innovazioni tecnologiche; le sfide future;

Politiche per l'innovazione: ruolo della Pubblica Amministrazione: agevolazioni fiscali per parchi scientifici e tecnologici, misure per favorire il partenariato pubblico-privato, misure per promuovere poli innovativi tra le Pmi; ruolo delle imprese: ricerca di processi innovativi nella produzione e nella distribuzione commerciale; ruolo dei centri di ricerca pubblici e universitari: coordinamento nazionale per la promozione di spin off e di imprese high tech, creazione di laboratori per spin off, assistenza alla brevettazione.

## Metodi Didattici

Lezioni frontali.

## Verifica dell'apprendimento

La verifica dell'acquisizione di tali conoscenze è affidata al superamento delle prove di profitto previste, suddivise in una prova orale e la preparazione ed esposizione di una tesina di gruppo basata su un business plan o un'analisi strategica. La prova orale sarà basata su 3 diversi argomenti, della durata complessiva di circa 20'. Il voto conseguito è espresso in trentesimi (fino a 30/30 e lode) e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## Testi

- R. Grant. "Analisi strategica per le decisioni aziendali" - Il Mulino, bologna, 2011
- R. Grant. "Contemporary Strategy Analysis" – Blackwell
- Mark Dogson, David Gann, Ammon Salter. "The Management of Technological Innovation" – Oxford University press
- Henry Chesbrough. "OPEN (Modelli di Business per l'Innovazione)" – EGEA

Slide del corso

# TECNOLOGIE E BIOPROCESSI PER L'INDUSTRIA ALIMENTARE

**Docente** Luigi Nataloni  
**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi Formativi

*Conoscenza e capacità di comprensione*

Al termine del corso, lo studente ha la conoscenza dei principi base della chimica applicati all'industria alimentare. Conoscenza di impianti ed apparecchiature presenti nell'industria alimentare e biochimica.

Capacità di applicare i concetti teorici di chimica della trasformazione alimentare, del food safety alle realtà industriale tenendo conto anche degli aspetti economici e regolatori.

Alla fine del corso lo studente sarà in grado di conoscere le principali categorie di processo alimentare e biochimico:

#### *Capacità applicative*

Al termine del corso, lo studente è in grado di analizzare ed ottimizzare i più importanti processi biotecnologici nell'industria alimentare e biochimica.

#### *Autonomia di giudizio*

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

#### *Abilità nella comunicazione*

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

#### *Capacità di apprendere*

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## **Prerequisiti**

Conoscenze di principi di ingegneria biochimica, chimica organica e impiantistica industriale

## **Contenuti**

Che cosa è l'industria alimentare, di cosa si occupa, dati di fatturato in Italia e nel mondo. I settori più importanti. Esempio di alcuni processi industriali per l'ottenimento di alimenti, latte, fruttosio, sorbitolo, cioccolato, carne. Di cosa si occupa un tecnologo di processo, quali sono le tecnologie più importanti nel settore alimentare. Che cosa è un processo.

Spiegazione del PDP, le varie fasi del progetto dalla fase exploring al execution. Block diagram, PFD, P&ID

Valutazione dei rischi, esempi e case study

principi dell'HACCP, alcuni esempi

Alcune soluzioni di food safety e di de-risk dei processi alimentari.

Sviluppo di un piccolo processo, tipo miscelazione.

Enzimologia

L'importanza dell'enzimologia nei processi alimentari

Fermentazione e processi fermentativi

Focus su alphaamylase, betaamilase, isomerasetcc

Possibili sviluppi: sostenibilità via enzimi etcc

Alcuni esempi

La separazione

Filtrazione, separazione a membrana, decantazione e centrifugazione  
cromatografia

Il deashing, decolorazione, dissalazione

resine a scambio ionico, Elettrodialisi, capacity deionisation etc

Esempi industriali, esercizi di dimensionamento etc

Evaporazione e drying

Viscosità dei fluidi trasporto dei fluidi, miscelazione

packaging, trasporto e stoccaggio, shelf life

Miscelazione, imbottigliamento

Controllo di processo, automazione

Visita ad uno stabilimento

Studio di un processo reali e completi: latte, zucchero, pasta, cacao, carne

La fermentazione e i processi fermentativi, biomasse di seconda generazione

Esercizi e case study sugli argomenti precedenti

Sostenibilità, innovazione sull'industria alimentare

### **Metodi Didattici**

Lezioni teoriche in Aula ed esercitazioni, esempi reali di processi. Visite in stabilimenti complessi alimentari. Seminari ad hoc con esperti delle singole unità.

### **Verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite sono verificate mediante una prova orale, che comprenderà due domande sui contenuti del corso. Il punteggio massimo conseguibile nella prova orale è di 30/30. La scelta delle due domande orali mira ad accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi. Il punteggio massimo conseguibile nella prova è di 30/30 e lode. L'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

### **Testi di riferimento**

Dispense del docente caricate sulla piattaforma digitale E-learning.

## **TISSUE ENGINEERING**

**Docente** Alberto Rainer (Tit.)

**Periodo** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi**

*Conoscenza e capacità di comprensione.*

Il corso fornisce gli elementi necessari alla comprensione delle basi teoriche e applicative dell'ingegneria tissutale, che ha come obiettivo la produzione di tessuti biologici ottenuti combinando cellule e strutture di supporto in biomateriali, allo scopo di favorire la rigenerazione di tessuti e organi.

*Conoscenza e capacità di comprensione applicate.*

Gli studenti acquisiranno competenze e abilità necessarie a realizzare e caratterizzare costrutti di ingegneria tissutale.

*Autonomia di giudizio.* Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella valutazione dei requisiti di applicazioni di ingegneria tissutale.

*Abilità comunicative.* Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico.

*Capacità di apprendere.* Gli studenti saranno in grado di reperire informazioni fruendo della letteratura scientifica di settore.

Il corso è erogato in lingua inglese.

## **Prerequisiti**

Nozioni di chimica generale

## **Contenuti**

Parte I (20h): Introduzione all'ingegneria tissutale; fenomeni di trasporto all'interno dei tessuti; aspetti generali della coltura cellulare in 2D e 3D; interazione cellula-cellula e cellula-matrice; adesione e migrazione cellulare.

Parte II (5h): lo scaffold; biomateriali per l'ingegneria tissutale; utilizzo di fattori di crescita e cellule staminali nell'ingegneria tissutale;

Parte III (5h): esempi applicativi: osso, cartilagine, cute, vasi sanguigni; bioreattori e device microfluidici per l'ingegneria tissutale; cenni di meccanobiologia;

Parte IV (18h): metodologie di laboratorio di ingegneria tissutale.

## **Metodi Didattici**

Il corso avrà un taglio fortemente applicativo e fornirà le competenze di base dell'ingegneria tissutale, integrando lezioni frontali con esercitazioni di laboratorio.

Durante il corso, agli studenti sarà assegnato un progetto su tematiche di ingegneria tissutale, da svolgere a gruppi di 2-3 persone, da svolgere secondo la propria disponibilità di orario sfruttando le attrezzature disponibili nel Laboratorio Didattico di Chimica e del Laboratorio di Ingegneria Tissutale. Si stima un impegno di 20 h per portare a termine il progetto. Ciascun gruppo esporrà alla classe un breve resoconto dell'attività svolta, corredato da slide.

## **Verifica dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento prevede un esame scritto in lingua inglese e della durata di 2 ore con 3 domande di teoria a risposta aperta (max. 10 punti ciascuna), di cui una verterà sull'argomento del progetto. Il voto conseguito è espresso in trentesimi (con eventuale lode per risposte particolarmente esaustive) e l'esame sarà superato solo a seguito del conseguimento di un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

## **Testi**

Dispense distribuite dal Docente e pubblicazioni scientifiche accessibili online sul sito <http://elearning.unicampus.it>

I seguenti testi sono consigliati come approfondimento:

- Current protocols in molecular biology. Wiley NY
- Bruce Alberts, Molecular Biology of the cell, Garland publishing
- Kate Wilson & John Walker, Biochimica e biologia molecolare: principi e tecniche. Cortina Ed.
- Benjamin Lewin, Il gene, Zanichelli
- Robert A. Brown, Extreme Tissue Engineering: Concepts and Strategies for Tissue Fabrication, Wiley-Blackwell

## **NORME E REGOLAMENTI**

Link a Regolamento Didattico del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale  
([https://www.unicampus.it/documents/UCBM\\_RD\\_INGIND\\_31715.pdf](https://www.unicampus.it/documents/UCBM_RD_INGIND_31715.pdf))

Link a Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica  
([https://www.unicampus.it/documents/R.D.\\_ING.\\_BIOM\\_21\\_aprile\\_2016.pdf](https://www.unicampus.it/documents/R.D._ING._BIOM_21_aprile_2016.pdf))

Link a Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile  
([https://www.unicampus.it/documents/UCBM\\_RD\\_ICSS\\_31715.pdf](https://www.unicampus.it/documents/UCBM_RD_ICSS_31715.pdf))

## DOCENTI TITOLARI DI INSEGNAMENTI O MODULI ALL'INTERNO DELLA FACOLTÀ DIPARTIMENTALE

### Elenco, Orario e Luogo di Ricevimento

#### **Ing. AFFERNI Pierangelo**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Informatica

☎ 06 22541.9637 e mail: p.afferni@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

#### **Dott. ARDITO Lorenzo**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: l.ardito@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

#### **Dott.ssa ARONICA Roberta**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9082 e mail: r.aronica@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

#### **Prof. BARBA Diego**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 1, Ufficio del Docente

☎ 06 22541.9213 e mail: d.barba@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

#### **Arch. BARDAZZI Gianni**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: gianni.bardazzi@mairetecnimont.it; segreteria.gbardazzi@mairetecnimont.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

#### **Ing. BARI Silvano**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: s.bari@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

#### **Dott. BASOLI Francesco**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Chimica e Ingegneria Tissutale

☎ 06 22541.9474/9640 e mail: f.basoli@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof.ssa BERTOLASO Marta**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9053 e mail: m.bertolaso@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. BORGHI Luca**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Direzione FAST

☎ 06 22541.9033 e mail: l.borghi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. CACACE Filippo**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9638 e mail: f.cacace@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. CAPOCELLI Mauro**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Open Space docenti

☎ 06 22541.9215 e mail: m.capoceli@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. CHERUBINI Christian**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Fisica Non Lineare e Modelli Matematici

☎ 06 22541.9660 e mail: c.cherubini@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. CINQUE Giuseppe**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: g.cinque@elis.org

*Giorno ed ora di ricevimento:* dopo la lezione

**Dott.ssa CHIODO Letizia**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Fisica Non Lineare e Modelli Matematici

☎ 06 22541.9660 e mail: l.chiodo@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. CORDELLA Francesca**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Robotica Biomedica e Biomicrosistemi

☎ 06 22541.9610 e mail: f.cordella@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Prof. DE FALCO Marcello**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Open Space docenti

☎ 06 22541.9473 e *mail:* m.defalco@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Ing. DI PAOLA Luisa**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Open Space docenti

☎ 06 22541.9634 e *mail:* l.dipaola@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Dott. DI PINO Giovanni**

*Sede di ricevimento:* Policlinico, Ufficio del docente

☎ 06 22541.8815 e *mail:* g.dipino@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Dott. DRAICCHIO Francesco**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* f.draicchio@inail.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Ing. ESPOSITO Marcello**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* esposito.marce@gmail.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* dopo la lezione

### **Ing. FARAMONDI Luca**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Complex Systems & Security Lab

☎ 06 22541.9636 e *mail:* l.faramondi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Prof.ssa FILIPPI Simonetta**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9611 e *mail:* s.filippi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Ing. FORMICA Domenico**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Robotica Biomedica e Biomicrosistemi

☎ 06 22541.9463 e *mail:* d.formica@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. GERMANA' Antonino**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* a.germana@seicoeng.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. GHILARDI Giampaolo**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Area FAST

☎ 06 22541.9037 e *mail:* g.ghilardi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. GIANNITELLI Sara Maria**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Laboratorio di Chimica

☎ 06 22541.9640 e *mail:* s.giannitelli@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. GIZZI Alessio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Fisica Non Lineare e Modelli Matematici

☎ 06 22541.9660 e *mail:* a.gizzi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. GOBETTO Marco**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* marco.gobetto@fcagroup.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. GRECO Nicola**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* nicola.greco49@gmail.com.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. GUGLIELMELLI Eugenio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9607 e *mail:* e.guglielmelli@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. IANNELLO Giulio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del Docente

☎ 06 22541.9602 e *mail:* g.iannello@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. IANNICCARI Amedeo**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* ianniccari@gmail.com; amedeo.ianniccari@capitalia.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. IAQUANIELLO Gaetano**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* G.laquaniello@kt-met.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. KELLER Flavio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, 1° Piano, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9175 e *mail:* f.keller@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. MACCARRONE Mauro**

*Sede di ricevimento:* PRABB, 1° Piano, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9169 e *mail:* m.maccarrone@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. MARRELLI Luigi**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Open Space docenti

☎ 06 22541.9614 e *mail:* l.marrelli@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. MARTIN Adam James**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* adammartin1972@hotmail.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. MASSARONI Carlo**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Misure e Strumentazione

☎ 06 22541.9671 e *mail:* c.massaroni@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. MAURI Emanuele**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Open Space Docenti

☎ 06 22541.9627 e *mail:* e.mauri@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. MIRARCHI Luciano**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* mirarchi.luciano@gmail.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. MORINI Sergio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, 1°Piano, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9170 e *mail:* s.morini@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. NATALONI Luigi**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* luiginataloni@cerealdocks.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. OLIVA Gabriele**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Complex Systems & Security Lab

☎ 06 22541.9636 e *mail:* g.oliva@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. PAPI Marco**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del Docente

☎ 06 22541.9612 e *mail:* m.papi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. PARISE Mauro**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del Docente

☎ 06 22541.9630 e *mail:* m.parise@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. PENNAZZA Giorgio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del Docente

☎ 06 22541.9465 e *mail:* g.pennazza@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. PENNESTRÌ Ettore**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* pennestr@uniroma2.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**D**

**ott. PETAGINE Antonio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Area FAST

☎ non indicato e mail: a.petagine@pusc.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. PIEMONTE Vincenzo**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Open Space docenti

☎ 06 22541.9472 e mail: v.piemonte@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. POGGI Leo**

*Sede di ricevimento:* Policlinico, Ufficio SPPA

☎ 06 22541.1072 e mail: l.poggi@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. RAINER Alberto**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9214 e mail: a.rainer@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. RE REBAUDENGO Agostino**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: arr@asja.energy

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Avv. ROMANO Augusto**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: augusto.romano@uniroma1.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. SANTONICO Marco**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9466 e mail: m.santonico@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. SCHENA Emiliano**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Misure e Strumentazione

☎ 06 22541.9467 e mail: e.schena@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. SETOLA Roberto**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9603 e mail: r.setola@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. SILVESTRI Sergio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9604 e mail: s.silvestri@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott.ssa SMARRAZZO Flavia**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Open Space docenti

☎ non indicato e mail: f.smarrazzo@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. SODA Paolo**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Informatica

☎ 06 22541.9620 e mail: p.soda@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott.ssa SPADA Stefania**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: stefania.spada@fcagroup.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. TAFFONI Fabrizio**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Laboratorio di Robotica Biomedica e Biomicrosistemi

☎ 06 22541.9464 e mail: f.taffoni@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. TAGLIALMONTE Nevio Luigi**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Robotica Biomedica e Biomicrosistemi

☎ 06 22541.9610 e mail: n.tagliamonte@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. TAMBONE Vittoradolfo**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ 06 22541.1064 e mail: v.tambone@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof.ssa TROMBETTA Marcella**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9608 e *mail:* m.trombetta@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. VOLLERO Luca**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9631 e *mail:* l.vollero@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. ZERBONI Giorgio**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* gzerboni@alice.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof.ssa ZOLLO Loredana**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Ufficio del docente

☎ 06 22541.9632 e *mail:* l.zollo@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento





[www.unicampus.it](http://www.unicampus.it)