



UNIVERSITA' CAMPUS BIO-MEDICO DI ROMA



# GUIDA DELLO STUDENTE

A.A. 2021/2022

*Facoltà Dipartimentale di Ingegneria*

Corso di Laurea in

**INGEGNERIA INDUSTRIALE**

Corsi di Laurea Magistrale in

**INGEGNERIA BIOMEDICA**

**INGEGNERIA CHIMICA  
PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE**

**INGEGNERIA DEI SISTEMI INTELLIGENTI**

**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**

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti**

**GUIDA DELLO STUDENTE  
ANNO ACCADEMICO 2021/2022**



# INDICE

Il Preside presenta la Guida dello Studente	pag.	7
Metodo educativo	pag.	8

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

Sedi dell'Università	pag.	13
Organi Statutari	pag.	13
Autorità Accademiche	pag.	14
Organizzazione dei Servizi Accademici	pag.	16
Segreterie	pag.	16
Diritto allo Studio e Vita Universitaria	pag.	17
Relazioni Internazionali	pag.	20
Biblioteca	pag.	21
Orientamento	pag.	22
Tutorato	pag.	23
Career Service	pag.	24
Servizi per lo studente	pag.	25
Supporti informatici alla didattica e alla comunicazione	pag.	29

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

Obiettivi formativi	pag.	33
Ordinamento e organizzazione didattica	pag.	34
Calendario accademico	pag.	39
Piano di Studi	pag.	40
Esame di Laurea	pag.	42
Obblighi formativi aggiuntivi (OFA)	pag.	46
Percorso di eccellenza	pag.	47
Laboratori didattici	pag.	48
Schede degli insegnamenti	pag.	50

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

Obiettivi formativi	pag.	139
Ordinamento e organizzazione didattica	pag.	140
Calendario accademico	pag.	145
Piano di studi	pag.	146
Esame di laurea magistrale	pag.	148
Laboratori didattici	pag.	150
Schede degli insegnamenti	pag.	152

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

Obiettivi formativi	pag.	235
Ordinamento e organizzazione didattica	pag.	236
Calendario accademico	pag.	240
Piano di studi	pag.	241
Esame di laurea magistrale	pag.	242
Laboratori didattici	pag.	244
Schede degli insegnamenti	pag.	246

## **Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti**

Obiettivi formativi	pag.	293
Transizione energetica e tecnologie per l'economia circolare	pag.	294
Calendario accademico	pag.	297
Piano di studi	pag.	298
Esame di laurea magistrale	pag.	299
Laboratori didattici	pag.	301
Schede degli insegnamenti	pag.	303

## **Norme e Regolamenti**

pag. 351

[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](#)

[Link al Regolamento Didattico del Corso di Laurea in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti](#)

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

Elenco, Orario e Luogo di Ricevimento

pag. 352



## 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

## 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.
- *Responsabilizzazione dello studente* nella definizione dei propri obiettivi formativi, non solo attraverso lo strumento dei crediti elettivi, ma anche mediante un dialogo aperto e costante con il proprio tutor per la scelta di alcuni ambiti in cui realizzare il tirocinio.
- *Attività di laboratorio* nelle quali lo studente sperimenta una concreta e marcata integrazione tra contenuti teorici ed esperienze pratiche.
- *Attenzione agli aspetti umanistici della formazione ingegneristica*, coltivati attraverso i Corsi di Antropologia, Etica, Bioetica, Filosofia della Scienza, Storia della scienza.
- *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, il monitoraggio 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 (*life long learning*) e per rispondere efficacemente alla continua evoluzione dei fabbisogni sanitari.
- 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 ai bisogni della persona e alla comprensione e soluzione dei problemi presi in esame

### PERCORSO FORMATIVO “CAMPUS INSPIRE”

Le attività didattiche previste nel percorso “Campus Inspire” sono erogate in sinergia con i corsi curricolari di area umanistica, presenti in ciascun Corso di Laurea e di Laurea Magistrale a Ciclo unico offerto dall'Università Campus Bio-Medico di Roma, al fine di potenziare e valorizzare la formazione di competenze trasversali.

Il percorso “Campus Inspire” è rivolto agli studenti del primo anno di corso e viene erogato in due moduli: il primo modulo è svolto nel primo semestre e il secondo modulo nel secondo semestre.

I due moduli formativi sono proposti nell'ottica di allineare le conoscenze di base e supportare gli studenti del primo anno anche nello studio di tematiche di area umanistica, non sempre presenti nei percorsi scolastici. Le tematiche approfondite nei due moduli, l'amore alla verità (modulo I) e l'amore alla libertà e la conseguente responsabilità personale (modulo II), sono state scelte con l'obiettivo di sostenere la crescita dello studente come persona prima ancora che come professionista.

Ciascun modulo si articola in attività seminariali e in lavori di gruppo, svolti in lingua italiana, con traduzione simultanea in inglese per gli studenti internazionali. Per i lavori di gruppo, chi lo desidera potrà comunque richiedere di essere inserito in gruppi “internazionali” in cui è richiesta l'interazione in lingua inglese.

La valutazione finale del percorso “Campus Inspire” verterà sugli elaborati presentati da ciascun gruppo di

lavoro (video, presentazione Power Point o poster per il primo modulo; testo scritto per il secondo modulo) e prevedrà una valutazione in trentesimi. La votazione del percorso “Campus Inspire” concorrerà alla determinazione del voto finale dell’insegnamento curriculare di area umanistica previsto nel piano di studi di ciascun Corso di Studio attraverso l’attribuzione di un punteggio aggiuntivo fino ad un massimo di due trentesimi.

## Programma

### **Modulo 1 – “Inspired to think”**

L’obiettivo di questo primo modulo è quello di recuperare il valore del “pensare” al di là dell’agire istintivo. Come ogni facoltà umana, anche questa può essere vissuta con maggiore o minore sensibilità, e richiede una formazione specifica capace di introdurre alle virtù corrispondenti. L’argomento sarà introdotto proponendo un tema e la sua correlazione con il concetto di virtù e favorendone in una fase successiva l’applicazione ad un contesto reale attraverso specifici lavori di gruppo.

Il modulo è strutturato in:

- a) 2 incontri di presentazione e conclusione coordinati dai docenti del percorso;
- b) riflessione personale e studio dei materiali forniti;
- c) elaborazione di progetti in gruppo;
- d) presentazione dei progetti.

I progetti degli studenti saranno resi disponibili sulla pagina web del Campus Inspire e saranno raccolti in una pubblicazione digitale. I tre migliori lavori saranno presentati per intero durante il secondo incontro e inseriti nel sito dell’UCBM.

### **Modulo 2 – “Pensiero critico”**

Il pensiero “critico” è lo strumento intellettuale che ogni persona umana possiede e può sviluppare per vivere la propria libertà in accordo con la verità e, pertanto, con piena responsabilità.

Il modulo sarà strutturato in:

- a) 4 ore accademiche di lezione;
- b) riflessione personale e studio dei materiali forniti;
- c) elaborazione dello scritto di gruppo;
- d) presentazione degli scritti.

## **Materiale didattico**

I materiali del I modulo da analizzare personalmente e su cui costruire i progetti saranno disponibili sulla piattaforma e-learning; tra i testi selezionati si segnala J. Baehr, *Cultivating Good Minds. A Philosophical and Practical Guide to Educating Intellectual Virtues*, 2015.

I materiali del II modulo saranno testi scritti e video da analizzare singolarmente e su cui costruire i progetti di gruppo, che si concluderanno con un elaborato scritto.

## **Valutazione finale**

La valutazione sarà sugli elaborati scritti; in caso di insufficienza, gli studenti saranno valutati tramite un colloquio.

In entrambi i moduli gli studenti avranno il compito di elaborare con il proprio gruppo di lavoro e con riferimento a un video proposto nell’incontro di presentazione, un testo scritto in cui evidenziare gli elementi-chiave e le difficoltà di esercitare il pensiero critico sia nelle situazioni che hanno impersonato sia nella vita reale.

Per ciascun elaborato sarà necessario dare evidenza del contributo del singolo studente. La valutazione dell'elaborato avverrà sulla base dei seguenti parametri:

- a) aderenza al tema (8 punti);
- b) riflessività (8 punti);
- c) contributo di ogni componente del gruppo (8 punti);
- d) originalità (6 punti).

## **Docenti**

Prof. V. Tambone, G. Ghilardi, L. Campanozzi, F. De Micco, F. De Lucia Lumeno, M. Daverio.

## **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, le giornate della matricola, 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.

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



## **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, in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile e in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti. 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 del Policlinico - Direttore organizzazione
Dott.ssa Daniela Tartaglino	Direttore Assistenziale delle Professioni Sanitarie
Prof.ssa Rossana Alloni	Direttore Clinico
Prof. Vincenzo Di Lazzaro	Preside della Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia

## AUTORITÀ DIDATTICHE

### RETTORE

Prof. Raffaele Calabrò

### SENATO ACCADEMICO

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

### GIUNTA DELLA FACOLTÀ DIPARTIMENTALE DI INGEGNERIA

Prof. Giulio Iannello	Preside
Prof. Marco Papi	Vicepreside
Prof.ssa Marcella Trombetta	Coordinatore della Ricerca
Prof. Giorgio Pennazza	Presidente del Corso di Laurea in Ingegneria Industriale
Prof.ssa Loredana Zollo	Presidente del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica
Prof. Vincenzo Piemonte	Presidente del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile
Prof. Giulio Iannello	Presidente del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti

### PRESIDE

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

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

☎ 06.22541.9606 e-mail: [Presidenza.ingegneria@unicampus.it](mailto:Presidenza.ingegneria@unicampus.it)

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

### VICEPRESIDE

#### **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 IN INGEGNERIA INDUSTRIALE**

### **Prof. Marco Papi**

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

☎ 06.22541.9612 e-mail: m.papi@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.Vincenzo Piemonte**

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

☎ 06.22541. 9212 e-mail: v.pirmonte@unicampus.it

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

## **PRESIDENTE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DEI SISTEMI INTELLIGENTI**

### **Prof. Giulio Iannello**

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

☎ 06.22541.9606 e-mail: Presidenza.ingegneria@unicampus.it

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

## **DELEGATI DEL RETTORE**

Delegato per il Tutorato

Delegato Campus Life

Delegato per la Disabilità

Delegato per la Qualità

Delegato Alumni e Famiglie

Delegato per le Relazioni Internazionali

Delegato ai Rapporti con le imprese e il mondo del lavoro

Delegato alla Terza Missione

Delegato al Progetto "Didattica Innovativa"

Delegato al Progetto "Campus Inspire"

Delegato al Progetto "Simulation Center"

Prof. Sergio Morini

Prof. Luca Borghi

Prof.ssa Federica Bressi

Prof. Claudio Pedone

Prof. Umberto Vespasiani

Prof. Francesco Grigioni

Prof. Roberto Setola

Prof. Emiliano Schena

Prof. Giuseppe Perrone

Prof. Vittoradolfo Tambone

Prof.ssa Rossana Alloni

## 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 Eugenia Malgeri  
**Tel.** 06.22541.9606  
**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 Tania Di Donato  
**Tel.** 06.22541.9605 - 9626  
**E-mail** segreteriaingegneria@unicampus.it

**Orario al pubblico** Mercoledì, ore 09.00-12.00  
Giovedì, ore 14:00-16.00

### SEGRETERIA STUDENTI

L'Ufficio gestisce dal punto di vista amministrativo, la carriera dello studente dalla pre-immatricolazione al conseguimento del titolo

**Ubicazione** PRABB, piano 0  
**Referenti** Sig.ra Enrica Amadio Zennaro tel. 06.22541.9044 (responsabile)  
Dott.ssa Veronique Buyckx tel. 06.22541.9047  
Sig. Antonio Di Bartolomeis tel. 06.22541.9042  
Dott.ssa Donika Lafratta tel. 06.22541.9197  
Sig. Gianluigi Ramogida tel. 06.22541.9043  
Dott.ssa Elena Varasi-Cornell tel. 06.22541.9074  
**E-mail** segreteriastudenti@unicampus.it

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

## DIRITTO ALLO STUDIO E VITA UNIVERSITARIA

L'Ufficio fornisce informazioni agli studenti riguardo:

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

<b>Ubicazione</b>	PRABB, piano 0
<b>Referenti</b>	Dott.ssa Anna Maria Tarquilio tel. 06.22541.9040 (responsabile)
	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 (Si riceve su appuntamento)

Eventuali modifiche degli orari al pubblico sono pubblicate sul sito <https://www.unicampus.it/risorse-e-uffici/diritto-allo-studio>.

### BORSE DI STUDIO E CONTRIBUTI

L'Ufficio Diritto allo Studio e vita universitaria gestisce e verifica agevolazioni e benefici 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 ha in essere consolidati rapporti di collaborazione. La maggior parte delle borse di studio è erogata sotto forma di esonero dal pagamento del contributo universitario e viene assegnata già al momento dell'immatricolazione; un sostegno che viene confermato anche negli anni successivi al primo sulla base della verifica dei requisiti di merito acquisiti nella carriera universitaria.

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 20% 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'iscrizione.

### Prestito per studio

L'Università Campus Bio-Medico di Roma, in convenzione con Intesa Sanpaolo, 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 Diritto allo Studio e vita universitaria offre supporto agli studenti nella ricerca di alloggi al fine di individuare la soluzione migliore in base alle loro esigenze. L'ufficio rende disponibili informazioni su:

- abitazioni private nei pressi della sede didattica;
- collegi universitari della Fondazione RUI ([www.fondazione.rui.it](http://www.fondazione.rui.it));
- convenzioni per affitti a prezzi concordati.

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. 06.22541.1402-404

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

## Domus Italia

Per gli studenti, inoltre, la possibilità di immobili in locazione nel quartiere Fonte Laurentina che dista 3,5 km dall'Università Campus Bio-Medico di Roma. A disposizione degli studenti un servizio navetta. I contratti di locazione sono conclusi direttamente tra la Domus Italia e gli studenti UCBM. Domus Italia garantisce che l'edificio ha tutte le caratteristiche per essere dichiarato abitabile ai sensi della normativa vigente.

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).

Gli studenti, in possesso di certificazione valida ai sensi della normativa di riferimento, che intendano avvalersi degli strumenti compensativi e dispensativi specifici sono tenuti a presentare presso l'ufficio Diritto allo Studio e Vita Universitaria la **domanda** (scarica il modulo in pdf) corredata dalla relativa certificazione di DSA/disabilità. La domanda può essere presentata dal momento dell'immatricolazione e in qualsiasi momento del percorso universitario, con congruo anticipo rispetto alla sessione di esame nella quale si intende usufruire degli strumenti (almeno 15 giorni prima dell'inizio della sessione).

È possibile chiedere un appuntamento per un colloquio informativo e di approfondimento 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 supporto in fase di presentazione delle candidature di mobilità all'estero e aiuta nell'espletamento delle pratiche burocratiche tramite colloqui one-on-one ed eventi informativi.

<b>Ubicazione</b>	Trapezio, piano 0	
<b>Referenti</b>	Dott.ssa Sidita Kasemi	tel. 06.22541.8124
	Dott. Paolo Stampatore	tel. 06.22541.8887
<b>E-mail</b>	erasmus@unicampus.it	
	relazioni.internazionali@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 può vantare una rete di relazioni internazionali, scientifiche e didattiche atte a promuovere l'internazionalizzazione tramite la mobilità di studenti, personale docente e tecnico-amministrativo presso aziende e sedi universitarie europee ed extraeuropee.

### Mobilità internazionale

L'Università Campus Bio-Medico di Roma pubblica annualmente bandi di selezione per l'assegnazione di mobilità internazionale in Paesi europei ed extra-europei con l'obiettivo di favorire esperienze di formazione accademica, professionale e di ricerca (finalizzata alla stesura della tesi di laurea) all'estero basate su piani di studio e/o lavoro concordati prima della partenza con il proprio docente di riferimento.

### Programma Erasmus+

L'Ateneo aderisce al Programma della Comunità Europea nei settori dell'istruzione, della formazione, della gioventù e dello sport per il periodo 2021-2027, che promuove la mobilità e la cooperazione nell'istruzione superiore favorendo l'internazionalizzazione, l'inclusività e la qualità dell'istruzione superiore.

Il bando di concorso per la mobilità a fini di studio nei Paesi del Programma, pubblicato ogni anno nel periodo gennaio-marzo, consente agli studenti UCBM di ottenere borse di mobilità per trascorrere un periodo di studio presso una delle Università partner europee. Gli studenti selezionati potranno usufruire delle strutture e dei servizi di uno degli Atenei partner per svolgere le attività di studio o di preparazione della tesi di laurea ottenendo, al rientro, il riconoscimento delle stesse sulla base di un piano di studi (*Learning Agreement*) concordato prima della partenza.

Il Programma Erasmus+ promuove altresì la formazione professionale di studenti e neolaureati attraverso la mobilità a fini di tirocinio. Queste attività consentono di arricchire il proprio curriculum formativo attraverso un'esperienza professionale all'estero presso un ente ospitante (università, centri di ricerca, cliniche e aziende).

## LA BIBLIOTECA

La Biblioteca dell'Ateneo possiede circa 22.000 volumi; nelle sale di lettura sono disponibili 138 posti a sedere per la comunità accademica, accesso diretto ai volumi e circa 4000 periodici elettronici consultabili attraverso la rete d'Ateneo.

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

I servizi offerti dalla Biblioteca comprendono: consultazione di testi, volumi ed enciclopedie e loro prestito, assistenza bibliografica, fornitura di documentazione scientifica e un servizio di stampa/fotocopiatura rivolto agli studenti.

Gli studenti possono anche accedere alle risorse digitali utilizzando anche la rete Wi-Fi.

Le risorse disponibili e l'OPAC accessibili da <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.

### Servizi

- Prestito locale e interbibliotecario
- Consultazione delle opere in sede
- Informazioni e consulenza bibliografica
- Servizio bibliometrico
- 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 delle Tesi di Laurea)
- Iltithia (banca dati delle Tesi di Dottorato)

**Ubicazione** TRAPEZIO, piano 0

**Referenti** Dott.ssa Maria Dora Morgante tel. 06-22541.9050  
(responsabile)  
Dott.ssa Maria Crapulli tel. 06-22541.9051  
Dott. Emiliano Iannotta tel. 06-22541.8060  
Dott.ssa Simona Rossi tel. 06-22541.9052

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

**Orario al pubblico** Lunedì-Venerdì, 8:30-21:00  
Sabato. 9:00-14:30

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

## ORIENTAMENTO

L'Ufficio 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.

<b>Ubicazione</b>	TRAPEZIO –piano 0	
<b>Referenti</b>	Dott. Roberto Di Nucci	el. 06.22541.8715 / 9056
<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.

### 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 e affinamento delle competenze umane (soft skills), rispetto al percorso di studi e al futuro professionale.

### 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.

I colloqui tutoriali si svolgono nel rispetto della libertà e del senso di responsabilità dello studente. Sono a disposizione degli studenti anche professionisti del *counseling* per risolvere difficoltà che investono l'emotività e lo sviluppo della personalità.

### Ufficio Tutorato Personale

<b>Ubicazione</b>	PRABB – Piano -1
<b>Referente</b>	Dott. Daniele Mascolo
<b>Tel.</b>	06-22541.9641
<b>E-mail</b>	d.mascolo@unicampus.it tutoratoING@unicampus.it
<b>Orario al pubblico</b>	Lunedì e mercoledì, ore 10:00-13:00 Martedì e giovedì, ore 14:00-16:00

## CAREER SERVICE

L'Ufficio Career Service di Ateneo facilita l'ingresso di studenti e laureati dell'Università Campus Bio-Medico di Roma nel mondo del lavoro, favorisce 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.

L'Ufficio 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, 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

### Centro Linguistico di Ateneo (CLA)

Il CLA offre supporto linguistico a tutti gli studenti durante il loro percorso formativo. Ad ogni studente vengono assegnati obiettivi di apprendimento individuali sulla base di un test di posizionamento che attesta il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese. Il CLA organizza corsi curricolari e gratuitamente anche corsi extra curricolari di potenziamento linguistico, attività di tutorato linguistico e attività ricreative in lingua inglese, al fine di far vivere ad ogni studente un'esperienza internazionale anche in sede. Tutti gli studenti hanno pertanto un loro percorso di formazione e di crescita linguistica, indipendentemente dal livello iniziale.

Gli studenti con un elevato livello di conoscenza della lingua inglese possono svolgere attività di tutorato linguistico che può essere loro certificato a livello professionale dal Trinity School che collabora con il CLA anche per l'organizzazione di corsi di preparazione agli esami per il rilascio di certificazioni linguistiche.

All'interno del CLA si svolgono anche corsi di lingua italiana per stranieri.

<b>Ubicazione</b>	Via Álvaro del Portillo, 21 - 00128 Roma
<b>Referenti</b>	Dott. Alessandro Croce Dott. Adam James Martin
<b>E-mail</b>	cla@unicampus.it

### CAMPUS LIFE

L'università Campus Bio-Medico di Roma mette a disposizione degli studenti un ampio spettro di attività, servizi e iniziative extracurricolari.

### 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 presso Ufficio Diritto allo Studio e vita universitaria	
<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 (Si riceve su appuntamento)	

Eventuali modifiche degli orari al pubblico sono pubblicate sul sito <https://www.unicampus.it/risorse-e-uffici/diritto-allo-studio>.

## 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.

Sono attivi in Ateneo il Coro Polifonico, l'Ensemble Cameristico e il Laboratorio Teatrale.

<b>Ubicazione</b>	PRABB, piano 0	
<b>Referente</b>	Dott.ssa Viviana D'Alaimo	tel.06.22541.1630
<b>E-mail</b>	campuslife@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.

### 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 il CESA (Centro per la salute dell'Anziano) su appuntamento (prof. Pellegrino).

Le richieste possono essere inoltrate telefonicamente (+39062254-1084), 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)

## **COOPERAZIONE UNIVERSITARIA ALLO SVILUPPO E IL VOLONTARIATO**

Il Comitato per la Cooperazione Universitaria allo Sviluppo e il Volontariato (CUSV) offre agli studenti la possibilità di valorizzare il percorso formativo affiancando allo studio curriculare una dimensione di intervento concreto, finalizzata a creare opportunità di crescita personale e di servizio mediante la partecipazione ai workcamp internazionali e alle attività di volontariato.

### **Workcamp internazionali**

I workcamp sono strumenti di formazione universitaria esperienziale, coordinati da personale esperto, finalizzati all'acquisizione di competenze professionali sul campo e allo sviluppo di una coscienza sociale e solidale dell'agire professionale.

Di volta in volta si realizza, nel Paese in via di Sviluppo teatro del workcamp, uno specifico progetto di formazione, assistenza alla popolazione autoctona e ricerca, in accordo con i partner locali di UCBM, sulla base di un'analisi dei bisogni specifici di ciascun territorio e dei relativi beneficiari.

Tra le esperienze di cooperazione allo sviluppo più significative e sfidanti, gli studenti Ucbm hanno la possibilità di mettersi alla prova partecipando ai workcamp in Perù e in Tanzania, dove la presenza dell'Università Campus Bio-Medico è ormai una realtà consolidata da anni e rappresenta una *best practice* internazionale.

### **Attività di volontariato**

Tutti gli studenti, a partire dal loro primo anno, sono invitati a promuovere e a impegnarsi in una o più attività di volontariato, che si svolgono sempre al di fuori dell'orario delle lezioni. La partecipazione alle iniziative e il riconoscimento dell'alto valore aggiunto del volontariato nel percorso formativo, consente allo studente lo sviluppo delle soft skills e un incremento dell'employability.

I progetti di volontariato sono promossi sia da UCBM che in collaborazione con partner esterni. Alcune attività si svolgono presso strutture del Campus Bio-Medico come il Policlinico e il CESA (Centro per la Salute dell'Anziano); in altri casi, le attività sono organizzate con imprese del territorio, associazioni di cittadinanza attiva, istituzioni e altre realtà che condividono finalità, mezzi e scopi con il Campus Bio-Medico.

In tutti i casi, i progetti di cooperazione universitaria allo sviluppo e di volontariato permettono agli studenti di mettere il proprio tempo e le proprie competenze a disposizione delle categorie più fragili come popolazioni del mondo in condizioni di povertà, malati, anziani, migranti, detenuti, bambini.

Per conoscere tutte le opportunità di cooperazione allo sviluppo e di volontariato, è possibile scrivere alla Segreteria del CUSV

**Ubicazione** PRABB – presso la Segreteria Studenti  
**Referente** Dott.ssa Donika Lafratta tel 06. 22541.9197  
**E-mail** Comitato.Cusv@unicampus.it

## **CAPPELLANIA**

La Cappellania offre formazione spirituale a tutti i membri della comunità universitaria che lo desiderano, cristiani e non cristiani. 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, piano 0  
**Referenti** Don Luca Brenna  
Don Robin Weatherill tel. 06.22541.9635  
Don Luca Fantini tel. 0622541.8110  
Don Victor Tambone tel. 06.22541.9033  
**E-mail** l.brenna@unicampus.it  
r.weatherill@unicampus.it  
l.fantini@unicampus.it  
v.tambone@unicampus.it

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

### **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.

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

È una piattaforma 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, segreterie 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.

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

Ogni studente dispone di una casella di posta elettronica (nome.cognome@alcampus.it) attivata dall'Università al momento dell'immatricolazione

### **SITO INTERNET**

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



**Corso di Laurea  
in Ingegneria Industriale**



## **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.

## 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, tirocinio in laboratorio o altre attività integrative 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
- Sistemi intelligenti

Per il percorso in **Ingegneria Biomedica** gli insegnamenti previsti riguardano l'anatomia e la fisiologia umana, la biomeccanica, la meccanica applicata ai sistemi biomeccanici, 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 di **Sistemi Intelligenti** gli insegnamenti previsti riguardano i sistemi operativi, le reti di calcolatori, l'elettronica, il controllo dei sistemi digitali, i principi dell'economia e dell'organizzazione aziendale. Queste conoscenze dell'ambito dell'ingegneria dell'informazione e dell'automatica, permettono all'ingegnere industriale, che abbia intrapreso questo percorso, di sviluppare le necessarie competenze per intervenire nei processi di produzione industriale guardando ai nuovi scenari dell'IoT e dell'intelligenza artificiale applicati nel campo dell'automazione e sviluppando, perciò, le necessarie competenze per contribuire all'innovazione del sistema industriale, anche con la capacità di monitorare gli aspetti economico-gestionali.

Il percorso si completa con due insegnamenti (per complessivi 12 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.

Sono previsti anche 2 CFU per tirocinio in laboratorio o presso un'azienda, o per altre attività integrative, salvo previa approvazione da parte della Giunta di Facoltà.

**OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI  
NELL'A.A. 2021/2022**

<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE - Insegnamenti comuni - I anno</b>				
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeuticità</b>
Analisi Matematica e Algebra Lineare	12	MAT/05	I	nessuna
Chimica Generale e Organica	12	CHIM/07	I/II	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
Inglese Generale	2	L-LIN/12	I/II	nessuna

<b>CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE – Insegnamenti comuni - II anno</b>				
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>	<b>Propedeuticità</b>
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
Inglese Generale	2	L-LIN/12	I/II	nessuna
Modulo a scelta del corso integrato di Humanities per l'Ingegneria* - Mod. Filosofia nelle Scienze Ingegneristiche - Mod. Storia della Scienza e della Tecnica	1	M-FIL/02 MED/02	II	nessuna
CURRICULUM A-B-C**	6		II	nessuna
A scelta dello studente***	12 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 applicata alle macchine	6	ING-IND/13	I	nessuna
Costruzione di macchine e sistemi biomeccanici	6	ING-IND/34	II	nessuna
Humanities per l'Ingegneria - Mod. Etica Applicata	2	MED/43	I	nessuna
CURRICULUM A-B-C**	24			nessuna
Esame a scelta dello studente***	12 CFU complessivi tra II e III anno			nessuna
Altre attività formative	2		I o II	
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

**\*\* INSEGNAMENTI DEL CURRICOLO SCELTO DALLO STUDENTE (6 CFU AL II ANNO; 24 CFU AL III ANNO)**
**CURRICULUM A - INGEGNERIA BIOMEDICA**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	Semestre	Propedeuticità
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

**CURRICULUM B - INGEGNERIA CHIMICA**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	Semestre	Propedeuticità
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	Economia e Organizzazione Aziendale	6	ING-IND/35	I	nessuna
III ANNO	Impianti Industriali e Macchine	6	ING-IND/25	II	nessuna
III ANNO	Project Management	6	SECS-P/08	II	nessuna

**CURRICULUM C - SISTEMI INTELLIGENTI**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	Semestre	Propedeuticità
II ANNO	Sistemi informativi	6	ING-ING/05	II	nessuna
III ANNO	Economia e Organizzazione Aziendale	6	ING-IND/35	I	nessuna
III ANNO	Fondamenti di Elettronica	6	ING-INF/01	I	nessuna
III ANNO	Controllo dei Sistemi Digitali	6	ING-INF/04	II	nessuna
III ANNO	Sistemi Operativi e Reti di calcolatori	6	ING-INF/05	II	nessuna

**\*\*\* INSEGNAMENTI A SCELTA DELLO STUDENTE PER 12 CFU COMPLESSIVI TRA II E III ANNO  
(di cui almeno 6 CFU al III anno)**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	Semestre	Propedeuticità
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
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
III ANNO	English Language and Soft Skills	6	L-LIN/12 M-FIL/02	I	nessuna
III ANNO	Elementi introduttivi all'Ingegneria di Processo per la sostenibilità	6	ING-IND/25	II	nessuna
III ANNO	Chimica Fisica Applicata nell'Industria	6	ING-IND/23	II	nessuna

N.B. L'offerta formativa sopra riportata è rivolta agli studenti che si immatricolano nell'a.a. 2021/2022. 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-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
<b>I semestre</b>	<b>Didattica frontale</b> dal 20 settembre 2021 al 22 gennaio 2022	<b>1ª sessione ordinaria</b> dal giorno 10 gennaio 2022 al 05 marzo 2022	<b>Vacanze di Natale *</b> dal 23 dicembre 2021 al 08 gennaio 2022
<b>II semestre</b>	<b>Didattica frontale</b> dal 1º marzo 2022 al 1º giugno 2022	<b>2ª sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2022 al 30 luglio 2022  <b>3ª sessione ordinaria</b> dal 25 agosto 2022 al 1º ottobre 2022	<b>Vacanze di Pasqua *</b> dal 14 aprile 2022 al 19 aprile 2022

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

Per l'A.A. 2021-2022 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1º Novembre 2021

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2021

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2022

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2022

Festa del lavoro: 1º maggio 2022

Festa della Repubblica: 2 giugno 2022

Festa di San Josemaría Escrivà de Balaguer: 26 Giugno 2022

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2022

## SESSIONI DI LAUREA

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

**Sessione estiva:** dal 15 giugno al 30 luglio 2022

**Sessione autunnale** dal 1º ottobre al 30 novembre 2022

**Sessione invernale** dal 1º al 20 dicembre 2022

**Sessione straordinaria:** dal 6 febbraio al 12 maggio 2023

## 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 2021/2022; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2020/2021, 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.2021/2022*) devi effettuare la prima compilazione del piano di studi nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà

Se sei uno studente del **SECONDO ANNO** (*immatricolato nell'a.a.2020/2021*) 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

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/ricieste/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 domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tale domanda dovrà essere presentata su apposito modulo predisposto dalla Segreteria Studenti e disponibili on-line. La domanda dovrà essere sottoscritta 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).

L'attribuzione degli OFA in Matematica non preclude la possibilità di immatricolarsi né di frequentare le lezioni e di sostenere gli esami di profitto del primo anno del Corso di Studi, ad eccezione dell'esame di profitto di Analisi Matematica e Algebra Lineare. In ogni caso gli OFA in Matematica dovranno essere assolti entro il primo anno di corso.

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>	<p>50 + 1 postazione docente</p>	<p>1 tecnico (Il lab. A segue gli orari delle attività didattiche; il lab. B dalle 9.00 alle 19.30)</p>
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>	<p>18 + 1 postazione docente + 5 postazioni per l'utilizzo dei portatili personali</p>	

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 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>– per la cromatografia su strato sottile (TLC);</li> <li>– potenziostato (Bio-Logic);</li> <li>– reometro (Anton Paar);</li> <li>– titolatore automatico (Mettler Toledo);</li> <li>– 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 9 alle 19 il laboratorio è dotato di postazioni di lavoro per un massimo di 45, ridotto a 30 per garantire il rispetto delle distanze di sicurezza prescritte dalle disposizioni in materia di prevenzione e diffusione del virus Covid-19</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. 2021/2022 per gli studenti del I, II e III anno*

**COMUNICAZIONE:** i metodi didattici e di verifica dell'apprendimento riportati nelle schede degli insegnamenti del Corso di Studio potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate

### ANALISI MATEMATICA E ALGEBRA LINEARE

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** MAT/05

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 12 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 120 ore

**Docenti** M. Papi  
F. Smarrazzo

#### Obiettivi formativi specifici

Il corso si propone di fornire allo studente la conoscenza e la comprensione delle 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.

#### Risultati di apprendimento specifici

- Conoscenza e comprensione del concetto di limite e sua applicazione nello studio di successioni e serie numeriche;
- Conoscenza delle principali tecniche del calcolo differenziale e del calcolo integrale e loro applicazione nello studio delle principali proprietà analitiche di funzioni reali di una variabile reale;
- Conoscenze di base su calcolo matriciale, spazi e sottospazi vettoriali, e loro applicazione nell'analisi della compatibilità di sistemi lineari di  $m$  equazioni in  $n$  incognite;

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.

## Programma

### - Analisi Matematica (100 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, composizione di funzioni e funzioni invertibili; funzioni monotone, funzioni limitate e illimitate; principali proprietà delle funzioni elementari.

Successioni numeriche: il concetto di limite, successioni convergenti, divergenti e irregolari; principali proprietà, algebra dei limiti e forme indeterminate; principali limiti notevoli; esistenza del limite per successioni monotone.

Serie numeriche; definizione di serie numerica convergente, divergente e indeterminate; carattere di una serie numerica; condizione necessaria per la convergenza di una serie numerica; serie numeriche a termini positivi e loro principali proprietà; principali criteri per lo studio del carattere di serie numeriche a termini positivi ("confronto", "rapporto", "radice"); criteri di convergenza per serie numeriche a termini di segno qualsiasi: criterio della convergenza assoluta e criterio di Leibniz (per serie alternate).

Limiti e continuità di funzioni di una variabile reale; limite di funzione, casistica generale e legame con il concetto di limite di successione (teorema ponte); principali teoremi sul limite di funzioni, algebra dei limiti e forme indeterminate; limite destro, limite sinistro e criteri per l'esistenza di un limite; teoremi sul limite di funzioni composte e di funzioni monotone. Funzioni continue: principali proprietà, classificazione dei punti di discontinuità di una funzione, studio della continuità di funzioni definite a tratti; teorema degli zeri, teorema dei valori intermedi e teorema di Weierstrass.

Calcolo differenziale per funzioni di una variabile reale: definizione di derivata, significato geometrico della derivata, retta tangente al grafico di una funzione; la derivabilità implica la continuità; regole di derivazione e derivate delle funzioni elementari; derivata di funzioni composte e di funzioni inverse; studio della derivabilità per funzioni definite a tratti; classificazione dei punti di non derivabilità. Principali teoremi del calcolo differenziale: teorema di Fermat, teorema di Rolle, teoremi di Lagrange e di Cauchy, regola di De L'Hopital; ricerca dei punti di massimo e di minimo relativo, test di monotonìa per funzioni derivabili in un intervallo; derivate successive; funzioni convesse e concave in un intervallo. Studio del grafico di una funzione.

Formula di Taylor: costruzione del polinomio di Taylor, teorema sul resto sotto forma di Peano; definizione di o-piccolo e principali proprietà; applicazione della formula di Taylor nel calcolo di alcuni limiti; teorema sul resto sotto forma di Lagrange, stima del resto nella formula di Taylor.

Calcolo integrale: funzioni integrabili secondo Riemann e definizione di integrale di Riemann. Linearità, monotonìa ed additività rispetto all'insieme di integrazione; teoremi della media integrale. Il concetto di primitiva di una funzione; definizione di integrale indefinito; tabella degli integrali indefiniti immediati; teorema fondamentale del calcolo integrale. Principali metodi di integrazione: integrazione per parti, per sostituzione, integrazione di funzioni razionali; integrazione di alcune funzioni irrazionali. Integrali impropri: esempi e applicazioni nello studio del carattere di alcune serie numeriche.

### - Algebra Lineare (20 ore) -

Spazi vettoriali reali: basi e coordinate di un vettore in una base; dimensione di uno spazio vettoriale; sottospazi vettoriali.

Sistemi di equazioni lineari e calcolo matriciale: sistemi omogenei e non omogenei e 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 Rouchè- Capelli e teorema di Cramer. Metodo generale di soluzione dei sistemi lineari.

Prodotto scalare: principali proprietà del prodotto scalare standard in  $\mathbb{R}^N$ ; lunghezza di un vettore; disuguaglianza di Cauchy-Schwarz. Coefficienti di Fourier, basi ortonormali; complemento ortogonale di un sottospazio; proiezioni ortogonali.

Numeri complessi: forma algebrica e forma trigonometrica; formula di De Moivre; radici n-esime di un numero complesso.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento:**

- Lezioni frontali (120 ore) in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi guida che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.
- Esercitazioni frontali e tutorati in aula (30-40 ore circa) con cadenza settimanale durante il periodo di erogazione del corso e in preparazione della prova d'esame. Nei primi quattro incontri di tutorato è previsto un ripasso generale degli argomenti di matematica di base (equazioni, disequazioni, geometria analitica), rivolto in particolare agli studenti con OFA in Matematica.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

prova pratica (in forma scritta) e prova teorica (in forma scritta).

La prova pratica comprende 6 esercizi sull'intero programma per un punteggio complessivo (massimo) pari a 32. La struttura della prova pratica prevede 4 domande di Analisi Matematica, 2 domande di Algebra Lineare ed ha una durata di 3 ore. Gli studenti dovranno dimostrare la capacità di applicare correttamente le principali tecniche dell'Algebra Lineare, del calcolo differenziale e integrale, dello studio di successioni e serie numeriche, identificando ed esponendo in modo corretto ma sintetico gli aspetti più importanti di ciascun argomento nella risoluzione di un esercizio (vale a dire, riconoscendo la priorità delle informazioni per ciascuna tematica).

Lo studente potrà accedere alla prova teorica solo dopo aver conseguito un punteggio di almeno 18/32 nella prova pratica. La prova teorica comprende tre domande a risposta aperta (2 di Analisi Matematica e 1 di Algebra Lineare) sugli argomenti del corso (definizioni, enunciati, dimostrazioni, esercizi), per un punteggio massimo pari a 30/30 ed un punteggio minimo pari a 18/30. In particolare, la prova è volta alla verifica delle conoscenze, del rigore metodologico e delle abilità di esposizione acquisite dallo studente. Il tempo massimo assegnato per lo svolgimento della prova teorica è pari a 1 ora e 30 minuti.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi, dato dell'esito combinato delle due prove (pratica e teorica), pari rispettivamente al 75% e al 25% del voto finale. L'esame si considera superato qualora lo studente consegua un punteggio maggiore o uguale a 18/32 nella prova pratica ed un punteggio maggiore o uguale a 18/30 nella prova teorica.

L'eventuale lode verrà attribuita a discrezione del docente.

Il punteggio massimo della prova pratica è pari a 32 punti, così suddivisi: 20 punti relativamente alla parte di Analisi Matematica e 12 punti relativamente alla parte di Algebra Lineare. Per superare la prova pratica ed accedere alla prova teorica è necessario conseguire un punteggio maggiore o uguale a 18/32.

Il punteggio massimo della prova teorica è pari a 30 punti, così suddivisi: 20 punti complessivamente per i 2 quesiti di Analisi Matematica e 10 punti per il quesito di Algebra Lineare. Per superare la prova teorica è necessario conseguire un punteggio maggiore o uguale a 18/30.

Per ciascuna prova, nell'attribuzione del voto si terrà conto fino ad un massimo di 2 punti delle capacità di analisi e di sintesi, e della chiarezza espositiva evidenziate dall'elaborato presentato.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

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.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

M. Bramanti, C.D. Pagani, S. Salsa, Analisi Matematica 1, Zanichelli.

M. Bramanti, Esercitazioni di Analisi Matematica 1, Ed. Esculapio, 2011, Bologna, 2011.

E. Giusti, Esercizi e Complementi di Analisi Matematica vol. 1, Bollati Boringhieri.

M. Bordoni, Introduzione all'Algebra Lineare ed alla Geometria Analitica, ed. Esculapio, Bologna, 2013.

G. Catino, F. Punzo, Esercizi svolti di Analisi Matematica e Geometria 1 e 2, ed. Esculapio.

Walter Rudin, Principles of Mathematical Analysis, third edition, McGraw-Hill.

# **BIOMECCANICA APPLICATA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING/IND 34

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 60

**Docente** Francesca Cordella

## **Obiettivi formativi specifici**

Il corso vuole fornire allo studente le conoscenze per l'analisi biomeccanica del corpo umano, con particolare riferimento al sistema muscolo-scheletrico. Si forniranno allo studente solide conoscenze teoriche e pratiche sull'analisi cinematica dell'arto superiore, sull'analisi dell'attività muscolare e sull'analisi dei segnali fisiologici acquisiti dal sistema cardio-respiratorio. Gli argomenti teorici saranno quindi affiancati da attività pratiche che avranno l'obiettivo di applicare gli aspetti teorici a casi pratici e di conoscere i metodi per effettuare un'analisi biomeccanica accurata.

## **Risultati di apprendimento specifici**

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

Caratteristiche della struttura dei sistemi muscolo-scheletrico e cardio-respiratorio al fine di approfondire i metodi per l'analisi biomeccanica del movimento umano.

Strumenti software e tecniche alla base dell'analisi biomeccanica e della stima dello stato psicofisiologico.

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

Capacità di analizzare il movimento umano.

Capacità di estrarre lo stato cognitivo e muscolare a partire da dati fisiologici e di analizzare criticamente i risultati ottenuti nelle attività sperimentali

### **Autonomia di giudizio**

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella comprensione dei concetti teorici e nella valutazione dei risultati nell'ambito delle attività sperimentali svolte durante l'intero corso.

### **Abilità comunicative**

Si porrà particolare attenzione a migliorare le abilità comunicative e le soft skill. Tale obiettivo sarà perseguito: i) cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale, ii) prevedendo attività di gruppo, volte allo studio ed all'analisi critica di lavori scientifici inerenti gli argomenti affrontati durante il corso, iii) lavorando sulla qualità della comunicazione tramite l'esposizione dello studio degli articoli scientifici in brevi presentazioni di gruppo con l'ausilio di slide.

### **Capacità di apprendere**

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

### **Programma**

Il corso di Biomeccanica Applicata prevede l'insegnamento dei seguenti argomenti:

#### FONDAMENTI DI BIOMECCANICA (6 ore)

- Introduzione alla biomeccanica e applicazioni
- Introduzione alla modellazione del sistema muscolo-scheletrico (ossa, tendini, legamenti, cartilagine, articolazioni)

#### BIOMECCANICA DELL'ARTO SUPERIORE (18 ore)

- Analisi cinematica
- Analisi dinamica
- Metodi per la raccolta e l'elaborazione dati (tramite lezioni frontali ed attività di laboratorio)

#### ATTIVITÀ ELETTROMIOGRAFICA (18 ore)

- Introduzione al sistema muscolare
- Generazione e modellazione del segnale elettrico muscolare
- Monitoraggio dell'attività muscolare tramite elettromiografia di superficie
- Analisi del segnale elettromiografico

#### VALUTAZIONE DELLA FATICA FISICA E COGNITIVA (18 ore)

- Derivazione di parametri fisiologici (frequenza cardiaca, frequenza respiratoria, impedenza galvanica della pelle)
- Monitoraggio di dati fisiologici
- Analisi di segnali provenienti da sensori fisiologici
- Affaticamento cognitivo
- Affaticamento fisico
- Confronto tra fatica fisica e fatica cognitiva tramite la raccolta e l'elaborazione dei dati in laboratorio

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (52 ore), in cui vengono presentati gli argomenti di tipo teorico e di tipo pratico per applicare le conoscenze teoriche a casi pratici.

Lezioni pratiche in laboratorio (8 ore) per l'acquisizione dei dati da analizzare tramite strumenti teorico-applicativi (MATLAB; Smart Analyzer).

Progetti di gruppo nei quali gli studenti analizzeranno in maniera critica articoli scientifici utilizzando gli insegnamenti appresi durante le lezioni frontali e le lezioni pratiche. I gruppi saranno composti da 3-4 studenti.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alle tematiche del corso sono verificate tramite:

- a) presentazione tramite slide, da gruppi di 3-4 studenti, dei contenuti di un articolo scientifico, fornito dal docente, inerente argomenti trattati durante il corso. Lo studio dovrà prevedere un'analisi critica dei contenuti del lavoro scientifico riportando un confronto con i metodi e gli strumenti presentati durante il corso.
- b) colloquio 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove (presentazione e colloquio) con un punteggio finale superiore a 30/30. Nella formulazione del voto finale, si procederà ad effettuare una media pesata dei voti della presentazione (30%) e del colloquio orale (70%).

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense distribuite dal docente.

N. Ozkaya, M Nordin, Fundamentals of Biomechanics, second edition, Springer Testo

G. Legnani, G. Palmieri, Fondamenti di meccanica e biomeccanica del movimento, CittàStudi, 2016.

## CHIMICA GENERALE E ORGANICA

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** CHIM/07

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 1° + 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 12

**Numero di ore di attività didattica** 120

**Docenti** Prof. Marcella Trombetta  
Dott.ssa Sara Maria Giannitelli

### Obiettivi formativi specifici

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; descrivere 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.

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

## Risultati di apprendimento specifici

Lo Studente deve dimostrare di saper:

- 1) rappresentare la configurazione elettronica degli elementi della tavola periodica
- 2) scrivere la formula chimica e di struttura di un composto e ioni
- 3) bilanciare e definire i prodotti di una reazione chimica
- 4) risolvere problemi stechiometrici
- 5) applicare la legge dei gas
- 6) utilizzare le diverse espressioni della concentrazione delle soluzioni
- 7) bilanciare una reazione redox
- 8) risolvere gli equilibri chimici e di solubilità
- 9) calcolare il pH di diversi sistemi
- 10) calcolare il peso molecolare di un composto dalle proprietà colligative di una sua soluzione
- 11) determinare le proprietà colligative di una soluzione
- 12) determinare la variazione delle funzioni di stato termodinamiche di una reazione
- 13) definire una pila e calcolarne la f.e.m.
- 14) dare il nome alle molecole organiche
- 15) scrivere la formula delle molecole organiche noto il loro nome
- 16) le diverse tipologie d'isomeria delle molecole organiche
- 17) scrivere i prodotti e il meccanismo delle reazioni dei principali gruppi funzionali della chimica organica
- 18) le principali classi di composti organici.

## Programma

Tra parentesi tonde è indicato il numero di ore dedicate a ciascun macro-argomento.

**Introduzione:** il metodo scientifico, metodi di misura, unità di misura, notazione scientifica, densità, temperatura, materia ed energia, trasformazioni fisiche e chimiche. (2)

**Atomi e molecole:** le teorie di Dalton, Bohr, la teoria atomica moderna, la tavola periodica, la configurazione elettronica degli atomi. (14)

**Il legame chimico:** ionico, covalente, nomenclatura inorganica, formule di struttura, elettronegatività, legami polari e apolari. (14)

**Reazioni chimiche:** concetto di mole, stechiometria, tipi di reazioni, redox. (8)

**Lo stato della materia:** le leggi dei gas, forze intermolecolari, liquidi, solidi, passaggi di stato ed energia. (6)

**Soluzioni:** concentrazioni %w/w, %w/v, %v/v, Molarità, molalità, Normalità, solubilità, le proprietà colligative. (4)

**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. (12)

**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. (10)

**Equilibri di solubilità:** solubilità dei composti, equazioni ioniche,  $K_{ps}$ , applicazioni. (2)

**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. (4)

**Acidi e basi:** definizioni di Arrhenius, Brønsted-Lowry, Lewis, acidi e basi forti e deboli, anfoterismo, idrolisi, neutralizzazione, pH, tamponi. (6)

**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. (8)

**Celle Elettrolitiche:** concetti, processi a sali fusi e a soluzioni acquose, celle commerciali. (4)

**Chimica Organica:** gruppi funzionali, nomenclatura e formule di struttura, principali meccanismi di reazione, isomerie delle molecole organiche e principali classi dei composti organici. (26)

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Le tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento di seguito riportate potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

Lezioni frontali in presenza, online od offline che spiegano i contenuti del programma del corso: 120 ore.

Esercitazioni che mostrano l'applicazione a problemi specifici delle conoscenze apprese nelle lezioni frontali svolte in modalità online: 60 ore.

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità relative alla chimica inorganica e alla chimica organica saranno verificate mediante una prova a quesiti a risposta multipla da svolgersi sulla pagina dell'insegnamento della piattaforma di elearning di Ateneo. Lo Studente dovrà rispondere in 40 minuti a 30 quesiti a risposta multipla (d'ora in poi "prova a quesiti").

I 30 quesiti saranno così suddivisi sulla base dei risultati d'apprendimento specifici:

- 24 quesiti sui punti da 1) a 13);
- 6 quesiti sui punti da 14) a 18).

La prova a quesiti sarà sostenuta in presenza in aula sul proprio PC portatile o, per gli Studenti che ne fossero sprovvisti, nel Laboratorio Multimediale di Ateneo. Lo Studente riceverà l'esito della sua prova a quesiti come punteggio espresso in trentesimi solo dopo che tutti gli Studenti partecipanti alla prova a quesiti stessa l'avranno completata.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

Lo Studente dovrà rispondere in 40 minuti a 30 quesiti a risposta multipla di cui:

- ogni quesito avrà 4 risposte (A, B, C, D) di cui una sola corretta;
- per ogni quesito si potrà selezionare una sola risposta;
- si consegnerà 1 (uno) punto per ogni risposta corretta; 0 (zero) punti per ogni risposta errata o non data;

Ogni prova a quesiti sarà diversa dall'altra e assegnata agli Studenti in maniera randomizzata dal sistema.

La correzione della prova a quesiti, e quindi il calcolo del punteggio conseguito che corrisponde al voto espresso in trentesimi, è operata dal sistema di elearning per confronto con le risposte corrette caricate sulla piattaforma stessa. Ogni Studente riceverà solo il suo esito e, pertanto, il punteggio da lui conseguito, e non il risultato degli altri Studenti presenti al suo turno.

Oltre al voto conseguito, lo Studente potrà rivalutare la sua prova a quesiti verificando a quali quesiti ha risposto correttamente e a quali non, venendo a conoscenza, in questo caso, della risposta corretta. Al termine della prova a quesiti la Commissione sarà a disposizione degli Studenti per rivedere assieme le risposte non date o date non corrette.

L'esame sarà superato se e solo se lo Studente consegnerà un punteggio maggiore o uguale a 18/30 e coinciderà con il voto finale se questo sarà minore del punteggio/voto massimo conseguibile con la prova a quesiti pari a 30/30.

Agli Studenti che consegneranno una votazione pari a 30/30 sarà data la possibilità di sostenere una prova orale, contestualmente all'esito della prova a quesiti stessa, per ambire alla Lode. Nella prova orale allo Studente sarà posto 1 quesito sul programma, volto a valutare la logica seguita dallo Studente nella risoluzione del quesito, l'impiego di un linguaggio appropriato nella risposta al quesito e, altresì, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo Studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Il quesito della prova orale vale 3 punti. Il voto finale sarà dato dai 30 punti conseguiti nella prova a quesiti alla quale saranno addizionati o sottratti i 3 punti conseguiti nella prova orale.

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

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base di matematica e fisica.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Le lezioni frontali e le esercitazioni online sono svolte utilizzando una lavagna elettronica che consente di salvare gli scritti e di caricarli sulla pagina del corso nella piattaforma di elearning di Ateneo <https://elearning.unicampus.it/> al fine di consentire allo Studente di rivedere e approfondire gli argomenti trattati e trasformare in conoscenza quanto appreso a lezione e in capacità e competenze quanto svolto durante le esercitazioni.

Materiale didattico consigliato per lo studio in forma autonoma da parte dello Studente interessato all'approfondimento della disciplina:

K.G. Whitten, R.E. Davis, M.L. Peck, G.G. Stanley CHIMICA GENERALE, Piccin Nuova Libreria

P. Silvestroni FONDAMENTI DI CHIMICA, CEA casa editrice ambrosiana

W.H. Brown, M.K. Campbell, S.O. Farrell ELEMENTI DI CHIMICA ORGANICA. CON KIT DI MODELLI MOLECOLARI, Edises

### **Per gli esercizi:**

P.M. Lausarot, G.A. Vaglio, STECHIOMETRIA PER LA CHIMICA GENERALE, Piccin

I. Bertini, C. Luchinat, F. Mani, E. Ravera, STECHIOMETRIA VI Ed, CEA casa editrice ambrosiana

T.W. Solomons Graham, C.B. Fryhle, R.G. Johnson LA CHIMICA ORGANICA ATTRAVERSO GLI ESERCIZI, Zanichelli

## CONTROLLO DEI SISTEMI DIGITALI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/04
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Filippo Cacace

### Obiettivi formativi specifici

Il corso introduce alla teoria dei sistemi e del controllo per modelli a tempo discreto, sia nativi che derivati dalla discretizzazione di modelli a tempo continuo. Mira a fornire le tecniche teoriche di analisi e progetto di tali sistemi, in riferimento in particolare alle applicazioni al controllo digitale e alla simulazione numerica dei sistemi e tempo discreto.

### Risultati di apprendimento specifici

Conoscenza dei principi fondamentali della discretizzazione dei sistemi a tempo continuo e dell'analisi delle proprietà dei sistemi a tempo discreto.

Capacità di progettazione dei controllori di sistemi discretizzati o a tempo discreto.

Capacità di comprendere, analizzare e implementare le specifiche di un controllore digitale.

### Programma

1. Elementi di teoria dei segnali. Trasformata di Fourier e sue proprietà. Campionamento. Teorema di Shannon. Calcolo numerico e FFT. Trasformata  $z$  e suo calcolo. Teorema di Parseval. Relazione tra trasformata di Laplace e trasformata  $z$ . Formula di interpolazione di Shannon. Ricostruzione dei segnali campionati (10 ore).
2. Modello dei sistemi a tempo discreto. Evoluzione libera e modi naturali. Stabilità e criterio di Jury. Proprietà strutturali: raggiungibilità e osservabilità. Scomposizione di Kalman. Realizzazione minima. Trasformata  $z$  della funzione di trasferimento. Realizzazione in spazio di stato in forma compagna (10 ore).
3. Discretizzazione dei sistemi a tempo continuo. Controllo con feedback dall'uscita. Criterio di Nyquist. Specifiche dei sistemi di controllo digitale. Sintesi diretta. Sintesi dead beat. Controllo PID. Assegnazione degli autovalori mediante feedback dallo stato, formula di Ackerman. Osservatore di Luenberger. Proprietà di separazione della osservazione nel controllo dall'uscita. Elementi di controllo ottimo LQ dei sistemi a tempo discreto (15 ore).

### Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Lezioni in aula, 35 ore, esercizi e presentazione di casi applicativi, 25 ore.

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Orale di circa 30 minuti con discussione di tre argomenti del programma

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

Punteggio ottenuto sommando una valutazione da 0 a 10 per ognuno degli argomenti discussi

## Propedeuticità / Prerequisiti

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Algebra lineare

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense del docente

C. Bonivento, C. Melchiorri, R. Zanasi. Sistemi di Controllo Digitale. Società Editrice Esculapio, 2020.

G. Starr. Introduction to Applied Digital Control. Springer International Publishing, 2020.

# ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/35

**Anno di corso e semestre di erogazione**      3° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento**      Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      60

**Docente**      Francesco Cappa

## Obiettivi formativi specifici

Il corso si propone di fornire agli studenti gli elementi di base per valutare l'impatto dell'economia nelle scelte aziendali. Si vuole fornire una panoramica del sistema impresa sia dal punto di vista giuridico che organizzativo - distinguendo le diverse forme d'impresa secondo il Codice Civile e secondo la struttura organizzativa - sia dal punto di vista decisionale - introducendo i principali strumenti di valutazione degli investimenti.

## Risultati di apprendimento specifici

- 1) Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding): Capacità di analisi e gestione delle scelte aziendali. Comprensione degli strumenti manageriali e delle caratteristiche delle principali funzioni aziendali.
- 2) Conoscenza e capacità di comprensione applicate (applying knowledge and understanding): capacità di applicare la conoscenza acquisita attraverso l'utilizzazione degli strumenti di analisi ed elaborazione della scelte aziendali in contesti organizzativi diversi.

3) Autonomia di giudizio (making judgements): sulla base della conoscenza acquisita, e grazie all'utilizzo degli strumenti metodologici appresi, capacità di valutare gli investimenti e l'organizzazione aziendale per il miglioramento della sua performance.

4) Abilità comunicative (communication skills): capacità comunicativa e di interpretazione, di elaborazione e sintesi dei dati relativi alle problematiche oggetto di studio, acquisizione della terminologia economico-aziendale opportuna per la spiegazione e interpretazione e comunicazione delle scelte manageriali effettuate.

## **Programma**

**Modulo 1** (10 ore). Il primo modulo, dapprima, introduce i concetti di base riguardanti l'impresa e la concorrenza. 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) e si introdurranno i principi generali del bilancio di esercizio.

**Modulo 2** (20 ore). Il secondo modulo fornisce una panoramica del sistema impresa dal punto di vista organizzativo. Saranno quindi illustrate le principali forme organizzative per supportare i modelli di business e le operazioni aziendali, ed i vantaggi e svantaggi associati ad ognuna di esse.

**Modulo 3** (30 ore). Il terzo modulo offre alcuni strumenti per valutare e implementare le decisioni di impresa. Si introdurrà il concetto del valore temporale dei flussi di cassa e degli strumenti per la scelta degli investimenti. Punto cruciale per tutti i progetti è difatti la stima dei flussi di cassa e la stima del costo del capitale per la determinazione dei progetti più redditizi. Verranno forniti i concetti principali per la valutazione degli investimenti (e.g., NPV, Pay back period e TIR).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso si basa su lezioni frontali (50 ore) ed esercitazioni (10 ore).

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La prova di accertamento è scritta e conterrà una serie di domande volte ad accertare la conoscenza teorica e pratica degli argomenti presentati a lezione.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

I punteggi della prova scritta saranno distribuiti nel seguente modo: parte teorica composta da domande a risposta aperta e a risposta chiusa 20 punti totali; parte numerica composta da esercizi e da domande a risposta multipla 12 punti totali. L'esame consiste in 3 domande a risposta aperta da 4 punti ciascuna e 8 domande a risposta multipla. Lavori opzionali di gruppo durante il corso possono portare all'ottenimento di massimo 2 punti bonus. Per ottenere la lode si deve raggiungere il voto di 32.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenza di base di matematica

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Materiale fornito dal docente.

Economia e gestione delle imprese, di Matteo Caroli e Franco Fontana, 2019, McGraw Hill.

Finanza aziendale, di J. Berk e P. De Marzo 2015, Pearson.

## ELABORAZIONE DEI SEGNALI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° Anno, 2° Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60 ore
<b>Docenti</b>	Prof. Luca Vollero Ing. Rosa Sicilia

### Obiettivi formativi specifici

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.

### Risultati di apprendimento specifici:

#### 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.

### Programma

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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso si compone di lezioni frontali (48 ore), svolte in presenza o in streaming, in cui vengono affrontati gli argomenti teorici, ed esercitazioni (24 ore), svolte in presenza, in streaming o fornite registrate, in cui vengono risolti insieme allo studente problemi pratici legati all'analisi di sistemi di elaborazione dei segnali.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento è effettuata per mezzo di una prova scritta e di una prova orale, entrambe svolte in presenza.

La prova scritta, della durata di 2 ore, mira ad accertare

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

La prova orale mira ad accertare

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

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:**

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto come 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 raggiunge almeno 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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Superamento dell'esame di Metodi Matematici.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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

## ELEMENTI DI FISILOGIA E ANATOMIA

<b>Moduli componenti</b>	Anatomia Umana Fisiologia
<b>Settore scientifico-disciplinare</b>	BIO/16 Anatomia Umana BIO/09 Fisiologia
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica assistita</b>	Circa 60 ore totali 20 ore (Anatomia Umana) 40 ore (Fisiologia)
<b>Docenti</b>	Giovanni Di Pino Sergio Morini

### Obiettivi formativi specifici

Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding). 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.

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

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding). Alla fine del corso lo studente dovrà 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.

### Risultati di apprendimento specifici

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. Ciò 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.

## **Programma**

FISIOLOGIA CELLULARE 1CFU (circa 10 ore)

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

FISIOLOGIA D'ORGANO 3CFU (circa 30 ore)

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 (circa 20 ore)

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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali: 60 Lezioni pratiche interattive ed esercitazioni: 0

Apprendimento guidato con la guida di tutor: per piccoli gruppi.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La verifica dei contenuti di Anatomia consta di un colloquio orale nel quale lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un livello adeguato di approfondimento della materia, soprattutto con richiami ai temi di anatomia funzionale. È prevista una prova in itinere facoltativa, che può costituire credito per l'esame finale, su argomenti di citologia, istologia e su argomenti scelti di anatomia; la prova consiste in un compito scritto in cui è richiesto di rispondere a domande a risposta multipla.

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

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi. L'esame si svolge alla fine del corso negli appelli previsti dal calendario accademico con un'unica votazione finale. Nella valutazione finale saranno presi in considerazione anche i risultati delle prove scritte e delle altre eventuali verifiche dei singoli moduli.

Per la verifica dei contenuti attraverso il colloquio orale, i criteri di valutazione saranno la correttezza, completezza, chiarezza dell'esposizione; la capacità di riconoscere e descrivere immagini di strutture anatomiche e di risolvere semplici problemi soprattutto nell'ambito dell'anatomia funzionale dell'apparato locomotore; la capacità di applicare le conoscenze integrando argomenti trattati nei diversi corsi.

La valutazione finale scaturisce da una media delle valutazioni delle singole voci, pesata sul tempo del corso dedicato allo sviluppo delle conoscenze su citate. Il voto finale è composto dalla media di ogni singolo voto, pesato in base al tempo speso per acquisire la specifica conoscenza.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Non sono previste Propedeuticità.

Come prerequisiti si richiedono le conoscenze basiche di citologia, dalla morfologia ai meccanismi di base coinvolti nei processi cellulari.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

### **Testi di riferimento**

P. Carinci, E. Gaudio, G. Marinozzi, S. Morini, P. Onori. Anatomia Umana e Istologia. Elsevier, 2012

F. Netter, Atlante di anatomia umana, Elsevier.

F. Netter, Atlas of Human Anatomy, Elsevier.

AAVV, Guida alla lettura dell'atlante di anatomia umana di Frank Netter, Elsevier

R. Klinke. Fisiologia Medica. Terza edizione italiana. EdiSes, 2012.

Kandel/Schwartz/Jessell, Principi di neuroscienze, IV edizione, Casa Editrice Ambrosiana.

Kandel/Schwartz/Jessell, Principles of Neural Science, Sixth Edition, McGraw-Hill Education

### **Altri testi:**

Autori vari. Prometheus - Atlante di Anatomia, Edizione italiana a cura di E. Gaudio. EdiSES, 2014.

Various authors. THIEME Atlas of Anatomy, THIEME 2016

J. Hochschild. Apparato locomotore. Anatomia e funzioni. Edi-Ermes, 2003.

J. Hochschild- Locomotor System. Anatomy and functions, practical aspects for manual therapy, Edi-Ermes

M. Morroni. Anatomia funzionale e imaging. Sistema locomotore. Edi-Ermes, 2017.

KP Valerius, et al. I muscoli: anatomia, test funzionali, movimento. Edi-Ermes, 2011.

KP Valerius et al. The Muscle Book: Anatomy, Testing, Movement. Quintessence Publishing. 2011

## **ELEMENTI INTRODUTTIVI ALL'INGEGNERIA DI PROCESSO PER LA SOSTENIBILITÀ**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/25

**Anno di corso e semestre di erogazione**      ING-IND; 3° anno 2° Semestre

**Lingua di insegnamento**      Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      60

**Docente**      Mauro Capocelli

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso fornisce gli strumenti di base per l'analisi dei processi industriali con particolare riferimento al know-how dell'ingegneria chimica. Il corso permette di approfondire concetti di termodinamica e fenomeni di trasporto, di effettuare bilanci di energia e materia a schemi di processo analizzandone le performance energetiche ed ambientali. Passando poi a casi studio relativi ad alcuni processi industriali selezionati, gli studenti potranno vedere applicate le nozioni di base all'analisi di tali casi studio. I diversi casi analizzati avranno come filo conduttore l'efficiente utilizzo di risorse, la minimizzazione degli scarti e delle relative emissioni di gas serra.

## **Risultati di apprendimento specifici**

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di comprendere, analizzare e confrontare schemi di processo tipici dell'ingegneria industriale in un'ottica di Sviluppo Sostenibile.

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 alla classe e al docente. In tal modo gli studenti saranno sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni ai quesiti loro proposti.

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. La prova orale di esame ne rappresenta un'ulteriore verifica; essa infatti ricalca le caratteristiche di un colloquio di lavoro presso una tipica società di ingegneria.

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 esercitazioni di tipo progettuale, anche in gruppo (organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi).

## **Programma**

Introduzione all'ingegneria di Processo (2 h)

Principi termodinamici di conservazione di materia e di energia; Qualità dell'energia termica e sua degradazione nei processi industriali (10 h)

Bilanci di materia e di energia, caso stazionario con cenni al regime transitorio (18 h)

La reazione chimica nei bilanci di materia e di energia (10)

Introduzione al Process Design: rappresentazione mediante schemi a blocchi e schemi di processo semplificati; L'analisi della varianza ed il controllo di processo; Il concetto di ciclo chiuso e ricircolo per la minimizzazione degli scarti (5 h)

Cenni ai bilanci di quantità di moto (5 h)

Introduzione alle Operazioni Unitarie (Distillazione, Assorbimento, Estrazione, etc.) mediante concetti termodinamici e di trasferimento di materia; Casi studio di Processi Industriali per la Salvaguardia dell'Ambiente e del Clima (10 h)

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche che ricoprono almeno il 25% delle ore. Alcuni progetti vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati ed i risultati vengono presentati e discussi 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.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso sono verificate attraverso una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale ed una prova orale che si sviluppa sulla base della discussione del tema scritto e su due aree tematiche aggiuntive, estratte ed assegnate allo studente prima del colloquio orale.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense del Corso a cura del Docente e materiale didattico integrativo disponibile nelle piattaforme online

Alcune recenti pubblicazioni scientifiche firmate dai Docenti e selezioni di testi in lingua inglese

Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering: International Edition, 7th Edition

David M. Himmelblau, University of Texas, Austin; James B. Riggs; 2004 |Pearson

# ELETTROMAGNETISMO

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** FIS/03

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° Semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 90

**Docenti** Christian Cherubini  
Paolo Emilio Trevisanutto

## Obiettivi formativi specifici

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 fornendo allo studente le opportune conoscenze teoriche nel campo dell'Elettromagnetismo.

## Risultati di apprendimento specifici

Sviluppare una capacità di comprensione necessaria 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.

## **Programma**

- 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)
- Optica geometrica: diottri, lenti, specchi, sistemi ottici. (5 ore)
- È previsto lo svolgimento di esercizi relativi a problemi selezionati. (30 ore)

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le verifiche di apprendimento sono eseguite attraverso una prova scritta comune di 1 ora e 30 minuti su carta in cui gli studenti devono saper risolvere secondo quanto indicato negli obiettivi del corso un esercizio e rispondere ad un quesito teorico formulato sulla base del programma dettagliato del corso messo a disposizione online dal docente sulla piattaforma informatica di Ateneo <https://elearning.unicampus.it>.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

All'esercizio svolto è attribuito un punteggio da 0 a 15 in trentesimi e lo stesso avviene per il quesito teorico. Il punteggio finale della prova si ottiene dalla somma dei due punteggi appena illustrati, con la sufficienza rappresentata dal 18. La prova scritta viene obbligatoriamente visionata, commentandola, dallo studente assieme ai docenti. Terminata questa fase, se il punteggio complessivo della prova scritta è stato sufficiente o superiore, esso rappresenta il voto d'esame che, se accettato dallo studente, viene verbalizzato elettronicamente. La lode è conferita se lo studente ha sostenuto la prova in maniera esemplare. Tale voto complessivo così conseguito, se accettato dallo studente, viene registrato sul libretto e su un verbale elettronico. Qualora invece il punteggio della prova scritta fosse inferiore alla sufficienza, lo studente, pur potendo comunque visionare con i docenti la propria prova scritta, si dovrà ripresentare ad uno degli appelli successivi per sostenere nuovamente tutta la prova d'esame. Qualora il numero di studenti partecipanti all'appello fosse così elevato da creare potenziali difficoltà di gestione delle prove d'esame in relazione ai tempi ed agli spazi a disposizione, il docente, se lo riterrà necessario, si riserva di effettuare una suddivisione in turni, diversificando nel caso anche quanto chiesto agli studenti.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Meccanica e Termodinamica; Analisi Matematica e Algebra Lineare

Prerequisiti: nessuno

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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

Per studenti che parlano solo la lingua inglese: P.A. Tipler, G.A. Mosca, Physics for Scientists and Engineers, Volume 2, Electricity and Magnetism, Light, W. H. Freeman; 6 edition (2007).

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>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/01
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Alessandro Zompanti

### Obiettivi formativi specifici

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.

### Risultati di apprendimento specifici

#### 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.

### **Programma**

Contenuti di base (20 ore)

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.

Contenuti avanzati di elettronica analogica (20 ore)

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.

Contenuti avanzati di elettronica digitale (20 ore)

Richiami di elettronica digitale; memorie e microcontrollore; piattaforme integrate per l'acquisizione di segnali e la gestione di sensori: Arduino, Raspberry; introduzione all'IoT.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

I metodi di valutazione si baseranno su prove orali che prevedono anche l'utilizzo del computer per un'esposizione tramite powepoint e per consentire l'utilizzo di SW di simulazione di circuiti elettronici.

La prova orale così impostata consentirà la verifica delle abilità comunicative dello studente in merito agli argomenti specific del corso. La prova orale si svolgerà in maniera graduale, consentendo di verificare il consolidamento delle conoscenze di base e, sviluppando via via l'argomento richiesto, permettendo allo studente di dimostrare le sue capacità di generalizzare il funzionamento a sistemi più complessi e applicare tali conoscenze alla risoluzione di problemi reali mediante l'utilizzo delle più moderne tecnologie nel campo dell'elettronica.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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, anche mediante l'utilizzo dei SW di simulazione (voto da 0 a 20).

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

La votazione finale in trentesimi sarà la somma dei due punteggi ottenuti nelle due prove di cui sopra.

Il voto minimo sufficiente per superare l'esame, pari a 18/30, potrà essere conseguito dallo studente che avrà dimostrato di conoscere i componenti e i circuiti presentati nel corso, sapendoli esporre nei loro contenuti più elementari e che si dimostrerà capace almeno di impostare la risoluzione di un problema reale facendo riferimento ai suddetti componenti e circuiti.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità.

**È consigliato aver seguito il corso di Fondamenti di Elettronica**

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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

Circuits for microelectronics, Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith, Publisher: Edises, Edition: 4, Year edition: 2013

# **ELETTROTECNICA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/31

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      9

**Numero di ore di attività didattica**      90

**Docente**      Mauro Parise

## **Obiettivi formativi specifici**

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. Gli studenti conseguiranno la conoscenza e la 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.

## **Risultati di apprendimento specifici**

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.

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.

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.

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.

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.

## **Programma**

### **Parte I - 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. Determinazione del circuito trifase e del monofase equivalente associati ad uno schema unifilare.

### **Parte II - 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.

### **Parte III - 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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali sulle nozioni fondamentali descritte nel programma (70 ore).

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 (20 ore).

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Il possesso delle conoscenze e delle abilità attese è verificato attraverso una prova scritta suddivisa in due parti.

La prima parte della prova consiste in 4 domande a scelta multipla. Lo studente è chiamato a risolvere una rete elettrica in regime sinusoidale, calcolando le intensità di corrente, le tensioni, e le potenze associate ai vari lati del circuito. Viene inoltre richiesta la determinazione del generatore di Thevenin. Lo studente svolge la prova su supporto cartaceo e, dopo aver digitalizzato con lo smartphone il riepilogo delle risposte numeriche scelte, usa da PC la modalità "compito" sulla piattaforma e-learning per consegnare il file pdf generato. Il docente si riserva la possibilità di richiedere, a campione, l'elaborato che ha condotto alle risposte numeriche, allo scopo di verificare la correttezza della procedura utilizzata. La prima parte della prova risulta superata se almeno 3 delle 4 risposte sono corrette.

La seconda parte della prova consiste in 6 domande a risposta aperta, volte ad accertare la conoscenza e la comprensione delle nozioni fondamentali incluse nel programma dell'insegnamento, nonché l'avvenuta acquisizione delle restanti conoscenze, abilità e competenze descritte nella sezione Risultati di apprendimento specifici. Il singolo quesito può richiedere l'esposizione sintetica di uno specifico argomento incluso nel programma, oppure la determinazione dei parametri caratteristici e/o dello stato di funzionamento di un sistema elettrico, magnetico o elettromeccanico elementare assegnato. In particolare, in tutte le prove il primo dei 6 quesiti richiede l'interpretazione dello schema unifilare di una rete trifase simmetrica ed equilibrata, e la determinazione del corrispondente circuito equivalente monofase. Lo studente svolge la prova su supporto cartaceo e, dopo aver digitalizzato il compito con lo smartphone, usa da PC la modalità "compito" sulla piattaforma e-learning per consegnare il file pdf generato.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

Il voto finale, espresso in trentesimi, è pari al numero di risposte corrette fornite ai 10 quesiti posti, moltiplicato per un coefficiente pari a 3. I criteri di verifica della correttezza delle risposte fornite sono di seguito specificati.

Prima parte della prova scritta

La singola risposta fornita viene ritenuta corretta salvo il verificarsi di una delle seguenti situazioni:

- è stato scelto un risultato numerico non corretto
- è stato scelto il risultato numerico corretto solo accidentalmente, in quanto la verifica dello svolgimento ha rivelato inequivocabilmente la non correttezza della procedura adottata per la risoluzione del quesito

Seconda parte della prova scritta

La singola risposta fornita viene ritenuta corretta salvo il verificarsi di una delle seguenti situazioni:

- la risposta non è pertinente alla domanda, oppure è pertinente ma contiene errori concettuali, ovvero è caratterizzata da mancanza di aderenza ai principi fondamentali della disciplina
- la risposta è incompleta. In tal caso, se la parte mancante della risposta è inferiore al 50%, viene attribuito alla risposta un punteggio pari a 3 moltiplicato per un coefficiente compreso tra 0.5 e 1, quest'ultimo da determinarsi in base al grado di incompletezza rilevato.

Il punteggio finale risultante viene arrotondato per eccesso, e l'esame risulta superato se e solo se viene conseguito un voto maggiore o uguale a 18 trentesimi.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Sono ritenute indispensabili le conoscenze di base di Elettromagnetismo

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Testi di consultazione

Cristina S., *Appunti di Elettrotecnica*, Vol. I e II, Esculapio, Bologna, 1998

Alexander C. and Sadiku M., *Fundamentals of Electric Circuits*, 6° ed., McGraw-Hill Education, 2017

Chapman S., *Electric Machinery Fundamentals*, McGraw-Hill Education, 2003

## **FENOMENI DI TRASPORTO**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/24

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno – 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      60

**Docente**      Luisa Di Paola

### **Obiettivi formativi specifici**

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). Le equazioni di bilancio rappresentano il cuore dell'approccio metodologico offerto dal corso, che fornisce uno strumento generale ed unitario per la risoluzione dei diversi problemi affrontati nel corso, che spaziano dalla definizione dei profili di concentrazione di nutrienti in agglomerati cellulari alla definizione delle proprietà di scambio termico dei dispositivi industriali.

### **Risultati di apprendimento specifici**

Lo studente alla fine del corso deve mostrare autonomia di giudizio nella modellazione dei problemi d'interesse del corso, utilizzando gli strumenti forniti dal corso (equazioni di bilancio) ed attraverso gli strumenti matematici già acquisiti nel corso di studi.

Inoltre, lo studente deve acquisire gli strumenti per comunicare efficacemente la risoluzione dei problemi pratici proposti durante le prove.

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve essere in grado di padroneggiare gli strumenti del bilancio per la risoluzione di problemi pratici che coinvolgano trasporto di materia e di calore.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo studente sarà in grado di modellare i sistemi per una corretta interpretazione dei fenomeni e di formulare modelli ragionevoli per la loro descrizione quantitativa.

## **Programma**

Trasporto molecolare di quantità di moto, calore e materia (4 h);

Equazioni costitutive (4 h);

Bilanci locali di energia termica e materia: determinazione dei profili di temperatura e concentrazione (12 h CFU);

Elementi di fluidodinamica: regime di moto turbolento e laminare, numero di Reynolds (4 h);

Coefficienti di scambio termico: definizione e valutazione in convezione naturale e in convezione forzata (8 h);

Bilanci macroscopici di calore (4 h);

Coefficienti di scambio di materia: definizione e valutazione in convezione forzata. Trasferimento di materia tra due fasi (4 h);

Bilanci macroscopici di materia (4 h CFU);

Esercitazioni (20 h).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (4 CFU) ed esercitazioni numeriche (2 CFU) in classe su specifici problemi. Il materiale didattico (slides proiettate a lezioni, eserciziario, video registrati delle lezioni) viene reso disponibile mediante la piattaforma elearning e attraverso cloud sharing opportunamente predisposto dal docente.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 problemi pratici, circa un'ora totale di durata), basata sulla valutazione della capacità di problem-solving nelle aree d'interesse del corso.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

L'esame scritto ed orale contribuiscono entrambi al 50% alla determinazione finale del voto. La valutazione della capacità di elaborazione di ogni singolo problema (elaborato scritto e discussione orale) pesa per il 25% del voto finale. 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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuno

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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.

## FONDAMENTI DI AUTOMATICA

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/04
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno - 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	90 ore
<b>Docente</b>	Prof. Roberto Setola

### Obiettivi formativi specifici

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.

### Risultati di apprendimento specifici

Conoscenze e comprensione del comportamento di un sistema dinamico

Capacità di descrivere il comportamento di un sistema dinamico mediante un modello matematico

Capacità di analizzare e caratterizzare il comportamento di un sistema dinamico sulla base di modelli matematici

Capacità e comprensione dei meccanismi per modificare la risposta di un sistema dinamico mediante sistemi di controllo

Capacità di sintesi di sistemi di controllo a ciclo chiuso per sistemi lineari SISO

### Programma

#### Parte I: Sistemi dinamici (10 ore)

Elementi di modellistica dei sistemi dinamici.

#### Parte II: Sistemi LTI (30 ore)

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.

#### Parte III: Stabilità (10 ore)

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.

#### Parte IV: Analisi in frequenza (10 ore)

Cenni sulla trasformata di Fourier. Caratterizzazione spettrale di un sistema dinamico: i diagrammi di Bode e la risposta in frequenza.

## **Parte V: Controllo (30 ore)**

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 progettare 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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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. Viene, inoltre, fatto uso del materiale open source presente nell'Interactive Course for Control Theory (ICCT) al fine di incentivare l'interattività degli studenti.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite si svolge di norma mediante una prova al calcolatore seguita da una prova pratica e da una eventuale prova orale.

La prova al calcolatore si compone di 15 quesiti a risposta multipla. Il candidato ha a disposizione 40 minuti per rispondere alle domande. Ad ogni domanda è attribuito un peso, la risposta corretta attribuisce il valore del peso, la risposta omessa non attribuisce alcun punteggio, la risposta errata attribuisce un punteggio negativo pari al 20% del peso. La prova mira a verificare le conoscenze degli aspetti teorici e la capacità di risolvere semplici problemi.

La prova pratica si compone di due quesiti da svolgere in un'ora di tempo e mira a verificare la capacità del discente di utilizzare gli strumenti metodologici presentati durante il corso. Nello specifico essa è necessaria 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. Per lo svolgimento della prova pratica il discente non potrà utilizzare calcolatori ma potrà avvalersi di 4 facciate di appunti scritti personalmente a mano oltre che di una calcolatrice priva di schermo grafico.

La prova orale, che è eventuale, mira all'accertamento della comprensione degli aspetti teorici illustrati durante il corso e alla loro applicazione a casi particolari.

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

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.

Il punteggio finale è ottenuto considerando i risultati della parte al calcolatore, di quella pratica e della eventuale prova orale.

La valutazione della prova al calcolatore è espressa in trentesimi ed il candidato può avere una valutazione compresa fra 0/30 fino a 30/30. La valutazione è ottenuta sommando i punteggi positivi e negativi acquisiti per ciascuna domanda.

La valutazione della prova pratica è espressa in trentesimi ed il candidato può avere una valutazione compresa fra 0/30 fino a 30/30. La valutazione è ottenuta sommando i punteggi relativi a ciascuna delle domande presenti nella prova considerando sia la correttezza dei risultati, che la modalità di svolgimento dei singoli esercizi.

Effettuando la media fra il punteggio acquisito con la prova al calcolatore con quella della prova pratica si

determina la valutazione provvisoria. Tale valutazione sarà espressa in trentesimi ed è considerata superata se la valutazione è superiore a 17/30.

La prova orale permette di modificare la valutazione ottenuta dalla prime due prove consentendo di attribuire fino ad un massimo di 4 punti in aggiunta o in diminuzione dei punteggi ottenuti con le prime due prove.

La prova orale è obbligatoria solo per coloro che hanno ottenuto un punteggio alle prime due prove di 19 o inferiore o di 28 o superiore.

La lode è assegnata solo in sede di prova orale ed è discrezione della commissione.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

A. Cavallo, R. Setola, F. Vasca, "La nuova guida a MATLAB", Liguori editore

Cavallo, A., Setola, R., & Vasca, F. (1996). Using MATLAB, SIMULINK and Control System Toolbox. A Practical Approach.

R. Vitelli, M. Petternella, "Fondamenti di automatica", Siderea 2002

A. V. Papadopoulos, M. Prandini, "Fondamenti di automatica - Esercizi" (Seconda Edizione) Pearson 2020

S. Bittanti, Introduzione all'Automatica, Zanichelli, 2014

Luemberger, "Introduction to Dynamic System", Prentice Hall

Interactive Course for Control Theory (ICCT) una cooperazione Erasmus+ per "Innovation and the Exchanges of Good Practices" (Univerza v Ljubljani (Slovenia), Università di Pisa (Italy), Sveučilište u Rijeci - Tehnički fakultet (Croatia), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (Hungary)) - <https://icct.riteh.hr>

## **FONDAMENTI DI CHIMICA PER L'INDUSTRIA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** CHIM/07

**Anno di corso e semestre di erogazione** 3° anno – 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 60

**Docenti** Marcella Trombetta (Coordinatore)  
Emanuele Mauri (Titolare)  
Stefano Scialla

### **Obiettivi formativi specifici**

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti la conoscenza e la comprensione dei principi di chimica fisica applicata 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 produzione di prodotti formulati

### **Risultati di apprendimento specifici**

Conoscenza e comprensione delle proprietà chimico-fisiche e dei processi di lavorazione delle materie prime utilizzate nell'industria chimica

Conoscenza dei concetti di catalisi e di uso dei catalizzatori nelle reazioni chimiche industriali

Consapevolezza degli aspetti di sviluppo e ottimizzazione delle formulazioni chimiche

Capacità di individuare le criticità dei formulati chimici

### **Programma**

#### **Parte I: materie prime dell'industria chimica (20 ore)**

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

Carbone, gas naturale, petrolio, biomasse.

#### **Parte II: catalisi e catalizzatori (14 ore)**

Concetti fondamentali di cinetica e di catalisi

Struttura dei catalizzatori

Cinetiche di reazioni catalizzate

#### **Parte III: scienza delle formulazioni (20 ore)**

Definizione di colloidi 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

Laboratorio: applicazione sperimentale dei concetti di formulazione

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezione e attività di laboratorio

Ore di lezione: 54

Ore di laboratorio: 6

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Esame orale.

La prova orale è strutturata in due parti, da svolgersi consequenzialmente:

**Parte 1:** esposizione, della durata massima di 15 minuti, con presentazione in PowerPoint, di un project work realizzato da ogni singolo studente su un prodotto formulato scelto dallo studente. 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 conoscenza del loro ruolo e importanza nell'ideare il formulato

**Parte 2:** due domande sugli argomenti del corso.

**È prevista una durata complessiva della prova orale di 35 minuti.**

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

### **Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.

Nella parte 1 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo 10 punti.

Nella parte 2 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo 20 punti, così ripartiti: prima domanda fino a 10 punti, seconda domanda fino a 10 punti

Il punteggio massimo conseguibile è pari a 30 punti su 30 e Lode. La Lode sarà attribuita allo studente che dimostrerà una conoscenza dettagliata degli argomenti discussi a lezione e un'ottima chiarezza nell'esposizione orale.

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

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze base di matematica, chimica organica e inorganica

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

#### **Materiale didattico di supporto all'apprendimento:**

Slide del docente

#### **Testi di consultazione:**

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)

## **FONDAMENTI DI ELETTRONICA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/01

**Anno di corso e semestre di erogazione**    3° anno - 1° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      60

**Docente**      Giorgio Pennazza

### **Obiettivi formativi specifici**

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.

## **Risultati di apprendimento specifici**

### **Conoscenze e capacità di comprensione applicate**

Le conoscenze acquisite nel corso dovranno fornire allo studente l'abilità di confrontarsi in maniera consapevole e propositiva con gli integrati e le tecnologie elettroniche più comuni 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

## **Programma**

INTRODUZIONE (10 ore)

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

SEMICONDUKTORI, 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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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).

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

I metodi di valutazione si baseranno su una prova orale.

La prova orale si svolgerà in maniera graduale, consentendo di verificare il consolidamento delle conoscenze di base e, sviluppando via via l'argomento richiesto, permettendo allo studente di dimostrare le sue capacità di generalizzare il funzionamento a sistemi più complessi e applicare tali conoscenze alla risoluzione di semplici problemi reali.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante un test strutturato in tre momenti nell'ambito di un'unica prova orale: una domanda scritta nella quale lo studente dovrà dimostrare la sua padronanza degli argomenti fondamentali per la quale avrà 30 minuti a disposizione e della quale dovrà esporre i contenuti all'inizio della prova orale (punteggio da 0 a 10); una seconda domanda con la quale allo studente sarà richiesto di applicare le proprie conoscenze alla risoluzione di un problema reale (punteggio da 0 a 15); una terza domanda sull'attività di esercitazione in classe o in laboratorio (punteggio da 0 a 5).

La votazione finale in trentesimi sarà la somma dei tre punteggi ottenuti nelle tre domande di cui sopra.

Il voto minimo sufficiente per superare l'esame, pari a 18/30, potrà essere conseguito dallo studente che avrà dimostrato di conoscere i componenti e i circuiti presentati nel corso, sapendoli esporre nei loro contenuti più elementari.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità.

È consigliata la conoscenza di base sulle grandezze elettriche, i componenti elettronici e le strategie di calcolo circuitale normalmente affrontate nell'ambito dei corsi di Elettromagnetismo ed Elettrotecnica.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-INF/05

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno – 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 90

**Docenti** Giulio Iannello  
Pierangelo Afferni  
**Tutor** Ermanno Cordelli

## **Obiettivi formativi specifici:**

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.

## **Risultati di apprendimento specifici**

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

Il corso trasferirà allo studente le seguenti conoscenze e capacità di comprensione:

I costrutti del linguaggio di programmazione C con alcune estensioni del linguaggio C++.

I principi con cui vengono formulati gli algoritmi sulle principali strutture dati che fanno uso di array.

Gli strumenti per lo sviluppo di software.

La rappresentazione delle informazioni mediante codifica con particolare riferimento alla rappresentazione dei numeri.

Gli elementi fondamentali dell'architettura dei sistemi di calcolo e i meccanismi che regolano l'esecuzione dei programmi.

La struttura e delle principali funzioni dei sistemi operativi.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- Formulare un algoritmo sulle principali strutture dati che fanno uso di array in linguaggio C in un ambiente di sviluppo specifico.
- Effettuarne il testing e il debugging.
- Codificare e manipolare informazioni in forma binaria.
- Applicare le conoscenze sull'architettura dei sistemi di calcolo a sistemi reali.

### **Autonomia di giudizio**

Le conoscenze e capacità di comprensione acquisite, dovranno consentire allo studente di riconoscere la correttezza di un algoritmo che impieghi le principali strutture dati che fanno uso di array.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di descrivere, in maniera puntuale e competente, i principi alla base del funzionamento di un sistema di elaborazione e di collegarli tra loro in modo coerente.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà essere in grado di apprendere altri linguaggi di programmazione consultandone la relativa documentazione, e di apprendere il funzionamento di sistemi di calcolo reali.

## **Programma**

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)

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali, e lezioni invertite 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).

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alla programmazione in C vengono verificate mediante una prova 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 dl 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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Non vi sono propedeuticità. Oltre alle conoscenze richieste 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.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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

## HUMANITIES PER L'INGEGNERIA

<b>Moduli componenti</b>	Antropologia della Tecnica Etica generale Filosofia delle Scienze ingegneristiche <i>in alternativa con</i> Storia della scienza e della tecnica Etica Applicata
<b>Settore scientifico- disciplinare</b>	M/FIL-03; M/FIL-02 in alternativa con MED/02 MED/43
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	Etica Generale - 1° anno, 1° semestre Antropologia della Tecnica - 1° anno, 2° semestre Filosofia delle Scienze ingegneristiche - 2° anno, 2° semestre <i>in alternativa</i> Storia della scienza e della tecnica - 2° anno, 2° semestre <i>in alternativa</i> Etica Applicata - 3° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari** 6

**Numero di ore di attività didattica assistita** Antropologia della tecnica 20 h  
Etica generale 10 h  
Filosofia delle Scienze ingegneristiche 10h  
Storia della scienza e della tecnica 10 h  
Etica applicata 20 h

Le attività didattiche previste nei moduli del I anno sono in continuità con le attività seminariali e lavori di gruppo proposti nell'ambito del percorso "Campus Inspire" dedicato alle matricole per la valorizzazione delle competenze trasversali.

**Docente** Giampaolo Ghilardi (Antropologia della Tecnica)  
Vittoradolfo Tambone (Etica Generale)  
Marta Bertolaso (Filosofia delle Scienze ingegneristiche)  
Luca Borghi (Storia della scienza e della tecnica)  
Vittoradolfo Tambone, Giampaolo Ghilardi (Etica Applicata)

### Obiettivi formativi specifici

Il corso integrato, in stretta sinergia con il programma di Campus Inspire, intende sviluppare negli studenti una visione human centered dell'agire scientifico e tecnologico in quanto atto umano.

### Risultati di apprendimento specifici

Il Corso integrato di Humanities per l'ingegneria si propone di fornire conoscenze di Etica, Antropologia, Storia e Filosofia con l'obiettivo di sviluppare capacità critica nell'applicazione alla pratica professionale ingegneristica. Lo studente dovrà acquisire conoscenze su:

- Teoria etico-antropologica e pratica professionale.
- Caratteristiche generali dell'Organismo Etico e comportamento prudentiale.
- Globalizzazione e recupero della libertà personale.
- Conoscenza e capacità di comprensione della rilevanza assunta dal "fattore umano" nella storia dell'innovazione techno-scientifica;
- Applicare la conoscenza alla scoperta e all'analisi di casi di "contaminazione" tra aree disciplinari differenti;
- Autonomia di giudizio nella valutazione psicologica, socio-culturale ed etica delle vicende analizzate;
- 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;
- Capacità di apprendere nell'ulteriore analisi autonoma di altre vicende storiche e nel confronto di tali vicende con analoghe situazioni attuali
- Riconoscimento e alla trattazione dei problemi filosofici, epistemologici e metodologici che emergono continuamente nel lavoro ingegneristico.
- Ragionamento sulla specificità degli esseri viventi e dei sistemi biologici esplorando la possibile frontiera tra naturale e artificiale.
- Costruzione di una consapevolezza critica sulle dinamiche della conoscenza scientifica anche in rapporto alle sue radici e implicazioni sociali.
- Comprensione e ricerca di soluzioni nell'attuale contesto di contaminazione tra i saperi e di attenuazione dei confini disciplinari
- Giustificazione epistemologica dell'Etica Applicata come scienza pratico-normativa

Lo studente al termine del corso integrato avrà quindi acquisito la capacità di

- Commentare il codice deontologico dell'ingegnere
- Comprendere l'Etica applicata come scienza pratico normativa
- Esercitare un comportamento prudentiale

## **Programma**

### **Modulo Antropologia della Tecnica**

- Chi è l'uomo: i modelli antropologici
- Le biometrie: tra identità e autenticità
- Cosa fa l'uomo: l'agire umano e la tecnica
- Antropologia e industria 4.0
- Le relazioni umane: individuo, persona e società
- Relazioni e ambiente
- Umano e transumano
- Come è l'uomo
- Personalità, carattere e virtù

A ciascun argomento verranno dedicate due ore circa di lezione.

### **Modulo Etica generale**

- La verità.
- Il soggetto agente: la condotta morale.
- La coscienza e la pseudo-coscienza.
- Bene e male.
- I sentimenti e l'agire morale.

- La virtù: principio di operazioni che si “retro-alimenta” con l’agire stesso.
- La libertà.
- Felicità, piacere e senso della vita.
- L’amore

A ciascun argomento verrà dedicata un’ora circa di lezione.

### **Filosofia delle Scienze ingegneristiche**

- I processi dell’invenzione e della scoperta: (6 ore circa)
  - Naturale e artificiale: differenze; impatto tecnologico e sociale delle soluzioni ingegneristiche di frontiera (2 ore circa)
  - Nuovi paradigmi emergenti in sistemi complessi nella modellizzazione dell’umano (2 ore circa)
  - Approccio integrato a problemi complessi e multi-disciplinari (1 ora circa)
  - Il processo conoscitivo e di modellizzazione delle realtà naturali: nozioni di meccanismo e di sistema (1 ora circa)
- Abilità per il lavoro interdisciplinare: capacità di ascolto, di valorizzazione dei contributi altrui, di elaborazione di nuove idee, di argomentazione chiara e aperta: (3 ore circa)
  - Filosofia dell’Agire Scientifico: la ‘dimensione umana’ del lavoro di inventori e scienziati (1 ora circa)
  - Logica e tematiche fondamentali della filosofia della scienza e della tecnica (2 ore circa)
- Critical thinking: la coniugazione di creatività e affidabilità (1 ora circa)
  - Filosofia delle macchine applicata ad alcuni esempi di ricerca svolta nella nostra Facoltà di Ingegneria (1 ora circa)

### **Storia della scienza e della tecnica**

- Introduzione. René Laennec e la rivoluzione della diagnostica strumentale in medicina.
- Oltre le colonne d’Ercole. L’attraversamento dell’Atlantico, metafora della scienza moderna
- Questioni di colore: dall’industria chimica ottocentesca alla chemioterapia
- Creatività e contaminazione. La fotografia tra arte e scienza
- Il secolo della chirurgia. Una grande trasformazione professionale provocata (anche) dalla chimica
- Quando le vecchie tecnologie erano nuove. La percezione sociale dell’innovazione tecnologica
- Vedere attraverso. Wilhelm Conrad Röntgen e la rivoluzione radiologica
- Raggi che guariscono. La scoperta della radioattività e i primi passi della radioterapia
- Lo spirito della scienza. Razionalità scientifica e fenomeni paranormali
- Terre di mezzo. La collaborazione tra ingegneri e medici alle origini della cardiocirurgia
- «E mò e mò... Mopen!» Ascesa e (relativo) declino dell’industria chimica italiana
- Fatti e misfatti della sperimentazione biomedica del Novecento

A ciascun argomento verrà dedicata un’ora circa di lezione.

### **Etica Applicata**

- Giustificazione epistemologica dell’Etica Applicata come scienza pratico-normativa
- La teoria etico-antropologica e la pratica professionale.
- Caratteristiche generali dell’Organismo Etico e comportamento prudentiale.
- 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

A ciascun argomento verranno dedicate tre ore circa di lezione.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni, seminari e colloqui personali approfondimento.

Ore di lezione: 60

Ore di lavoro individuale 90 in cui rientrano anche le attività di lavoro in gruppo del percorso Campus Inspire, (momenti di esposizione, momenti di riflessione personale e studio dei materiali forniti, elaborazione di progetti in gruppo; presentazione dei progetti) nonché i colloqui personali di approfondimento.

Gli obiettivi di apprendimento saranno raggiunti attraverso la trattazione di casi di attualità o l'analisi di documenti nazionali ed internazionali inerenti la professione ingegneristica.

Il metodo utilizzato sarà quindi quello induttivo/deduttivo che attraverso Casi di Studio valutati con il Sistema assiologico UCBM, la Metodologia per la valutazione etica e l'applicazione del Codice deontologico dell'Ingegnere permette di applicare le conoscenze a situazioni professionali concrete.

Lo studente acquisirà autonomia di giudizio attraverso l'analisi etica dei problemi professionali proposti nei case study. La soluzione individuata dallo studente in autonomia sarà il risultato di un approccio critico sulla base delle conoscenze fornite nelle attività didattiche:

Lo studente acquisirà abilità comunicative attraverso la metodologia dialogica delle lezioni che viene rinforzata in questo corso dal fatto di dover arrivare alla valutazione etica di casi concreti. Le posizioni che saranno esposte dagli studenti non saranno confutate ma si chiederà loro di fondarle razionalmente.

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.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze acquisite sono verificate mediante un colloquio orale al termine di ciascun modulo in cui lo studente dovrà dimostrare di aver acquisito chiara conoscenza e comprensione della parte di programma corrispondente. Per i moduli di antropologia ed etica, lo studente dovrà dimostrare di conoscere la Teoria etico-antropologica applicata alla pratica professionale, le caratteristiche generali dell'Organismo Etico e del comportamento prudenziale, e dovrà aver acquisito chiara conoscenza e comprensione dei concetti di Globalizzazione e recupero della libertà personale.

Per chi avrà scelto il modulo di Storia della scienza e della tecnica, si 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.

Per chi invece avrà scelto il modulo di Filosofia delle Scienze ingegneristiche, 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.

Infine, per tutti, sarà valutata la comprensione dei concetti di Giustificazione epistemologica dell'Etica Applicata come scienza pratico-normativa.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuno

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

### **Modulo Antropologia della Tecnica**

G. Ghilardi, l'uomo analogico, Orthotes, Napoli 2020

G. Ghilardi, Etica dell'agire scientifico e tecnologico, Mimesis, Milano 2018

G. Ghilardi, Il tempo delle neuroscienze, SEU, Roma 2012.

### **Modulo Etica generale**

V. Tambone, G. Ghilardi, la mucca pazza e il dottor Watson. Filosofia e deontologia dell'agire medico, SEU 2015.

### **Modulo Filosofia delle Scienze ingegneristiche**

*Materiale didattico utilizzato:*

Slide usate a lezione

Guru MADHAVAN, Come pensano gli ingegneri. Intelligenze applicate, Peri F. (trad.), Cortina Raffaello, Londra 2015

Alfredo MARCOS, Filosofia dell'agire scientifico. Le nuove dimensioni, Academia Universa Press, Milano 2010.

*Materiale didattico consigliato:*

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.

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

Marta BERTOLASO (2019). Artificialmente e Umanamente: Epistemologie a Confronto in Transizione digitale. Paradoxa, 2, 137-149.

Laura CORTI, Marta BERTOLASO (2019), Prospettive sulle/delle metamorfosi tecnologiche, in "Metamorfosi del vivente", ATQUE 24 n.s./2019, pp. 63-84.

### **Modulo Storia della scienza e della tecnica**

Luca Borghi, Umori. Il fattore umano nella storia delle discipline biomediche, SEU, Roma 2012 (capitoli: 7- 11 [parte] – 12 – 17 – 18 – 19 [parte] 21 – 22)

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

### **Modulo Etica Applicata**

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

Per tutti e quattro i moduli, eventuale ulteriore materiale didattico verrà caricato su e-learning

## IMPIANTI INDUSTRIALI E MACCHINE

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/25
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Marcello De Falco

### Obiettivi formativi specifici

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 in 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, il bilanciamento di energia e materia, il lavoro e il calore, i cicli termodinamici per la conversione energetica. Particolare attenzione verrà dedicata alle nuove tecnologie di produzione di energia da fonti rinnovabili e alle tecnologie di abbattimento dell'emissioni di gas climateranti.

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

### Risultati di apprendimento specifici

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

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

- applicare i bilanci di materia ed energia in casi pratici
- comprendere i principi di conversione dell'energia
- realizzare progettazioni di massima di pompe, compressori, scambiatori
- comprendere il comportamento di impianti di generazione dell'energia
- comprendere le potenzialità e i limiti degli impianti ad energia rinnovabile.

### Programma

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, il fenomeno della cavitazione (5 ore).

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

Il principio di funzionamento degli scambiatori di calore (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).

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche per l'applicazione dei concetti teorici a casi pratici.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

La prova orale prevede due domande sul programma del corso. La durata della prova orale è di circa 20 minuti.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto conseguito è espresso in trentesimi. Per la prova scritta, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 3 ore e verrà superata con un voto maggiore o uguale a 18/30, con conseguente accesso alla prova orale.

La prova orale verrà superata con un voto maggiore o uguale a 18/30 e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

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

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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.

## INGLESE GENERALE

**Settore scientifico-disciplinare** L-LIN/12

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, annuale

**Carico didattico in crediti formativi universitari** CFU N. 2

**Numero di ore di attività didattica assistita** 20 ore

**Docenti** Centro Linguistico d'Ateneo

### Obiettivi formativi specifici

Il corso di inglese è erogato al I anno di corso e mira a rafforzare le competenze linguistiche, coprendo tutte le abilità: reading, writing, listening e speaking.

Ogni studente all'inizio del corso è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali e attraverso i quali a conclusione del corso lo studente potrà conseguire i livelli dal B1.1 al C1.3 (a seconda del posizionamento iniziale) del Quadro di Riferimento Europeo per le Lingue. Gli studenti che avranno conseguito al test di posizionamento un livello pari o superiore al C2.1 sono esonerati dal seguire il corso curriculare di Inglese.

### Risultati di apprendimento specifici

Con il raggiungimento del livello B1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere i punti chiave di argomenti familiari che riguardano la scuola, il tempo libero ecc.
- Muoversi in situazioni che possono verificarsi mentre viaggia nel Paese di cui parla la lingua.
- Produrre un testo semplice relativo ad argomenti che siano familiari o di interesse personale.
- Esprimere esperienze e avvenimenti, sogni, speranze e ambizioni, e anche di spiegare brevemente le ragioni delle sue opinioni e dei suoi progetti.

Con il raggiungimento del livello B2 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere le idee principali di testi complessi su argomenti sia concreti sia astratti, come pure le discussioni tecniche sul proprio campo di specializzazione.
- Interagire con una certa scioltezza e spontaneità che rendono possibile un'interazione naturale con i parlanti nativi senza sforzo per l'interlocutore.
- Produrre un testo chiaro e dettagliato su un'ampia gamma di argomenti e riesce a spiegare un punto di vista su un argomento fornendo i pro e i contro delle varie opzioni.

Con il raggiungimento del livello C1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere un'ampia gamma di testi complessi e lunghi e ne sa riconoscere il significato implicito.
- Esprimersi con scioltezza e naturalezza.
- Usare la lingua in modo flessibile ed efficace per scopi sociali, professionali e accademici.
- Produrre testi chiari, ben costruiti, dettagliati su argomenti complessi, mostrando un controllo sicuro della struttura testuale, dei connettori e degli elementi di coesione.

### Programma

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B1**

**Grammatica:** Present continuous e Present Simple – Avverbi di frequenza ed espressioni di tempo -Past Simple Past Continuous – verbi attivi e statici, Present perfect, Le forme del futuro – I comparativi, espressioni di quantità, verbi modali, (Should/shouldn't – must/mustn't), First and second conditional – Used to – Forma passiva – Phrasal verbs comuni– Relative clauses con pronomi relativi, Discorso indiretto

**Vocabolario:** Frasi comuni - Il mondo del lavoro – i viaggi e le vacanze - Le relazioni tra persone-La formazione dei sostantivi - L'ambiente – I progetti, Speranze e ambizioni -Aggettivi per il carattere – I prefissi degli aggettivi -Descrivere la propria casa- I sentimenti – Frasario per fare shopping

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B2**

**Grammatica:** Ripasso dei verbi regolari ed irregolari - Present Simple e Continuous - Past Simple - Past Progressive - Past Perfect Simple - Present Perfect simple - 1,2,3 conditionals - Verbi modali per esprimere capacità, obblighi, consigli - Forma passiva- Comparativi e superlativi - Past Conditional - Diverse forme per esprimere il futuro - Gli ausiliari modali nel passato e per esprimere probabilità - Discorso diretto/ indiretto - Forme con I wish, If only

**Vocabolario:** Vita quotidiana - Istruzione Media e intrattenimento - L'ambiente Salute, medicina ed esercizio fisico - Hobby e svaghi Sentimenti - Simpatie e antipatie - Luoghi e palazzi - Relazioni interpersonali - Trasporti Servizi Interazione sociale - Il mondo della natura - Viaggi e vacanze -Espressione di ipotesi - Espressione dell' anteriorità nel futuro e nel passato

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello C1**

**Grammatica:** Revisione di tutti i tempi verbali, (simple, perfect, continuous, i passivi) - Espressioni enfatiche - Phrasal verbs e combinazioni verbo/aggettivo + preposizione - Verbo + gerundio - Modali al passato - Probabilità future.

**Vocabolario:** Linguaggio per descrivere personalità e identità - Forme idiomatiche - Phrasal verbs utilizzate per parlare di concetti astratti, complessi come sicurezza sul lavoro, tecnologia, innovazione, salute, benessere, creatività, arte.

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni organizzate in gruppi in relazione ai diversi livelli di conoscenza della lingua

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Durante il corso saranno svolti test e prove intermedie per la verifica del raggiungimento dell'obiettivo formativo individuale.

A conclusione del corso la verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso un test Scritto e Orale con esercizi e attività rivolte alla valutazione delle seguenti abilità linguistiche: Reading 25% - Writing 25% - Listening 25% and Speaking 25%.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

La valutazione finale è espressa attraverso un giudizio di idoneità.

Al termine del corso si svolgerà la prova finale che valuterà l'apprendimento dei contenuti studiati. Il 60% rappresenta la soglia minima richiesta per il raggiungimento del livello del corso. Gli studenti che ottengono un punteggio superiore al 90% progrediranno di due livelli.

## Requisiti

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali. Il raggiungimento di ciascun obiettivo diventerà il livello iniziale su cui definire l'obiettivo successivo. Gli studenti con un livello iniziale inferiore al B1 avranno a disposizione un servizio di tutorato linguistico finalizzato al raggiungimento del livello B1; gli studenti con un livello iniziale superiore al livello C2.1 potranno essere esonerati previa domanda di esonero.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Moduli e unità del libro di testo verranno indicati dal docente durante la prima lezione del corso e saranno differenziati a seconda dell'obiettivo formativo individuato per ogni singolo studente

# **LABORATORIO DI BIOINGEGNERIA**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/34
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Nevio Luigi Tagliamonte

## **Obiettivi formativi specifici**

L'obiettivo formativo principale è quello di introdurre gli studenti ad attività di laboratorio nell'ambito della bioingegneria, prendendo come esempio esperimenti rappresentativi riguardanti: il comportamento viscoelastico di materiali biologici (es. tendini, legamenti o cartilagine), l'analisi biomeccanica del movimento con applicazione al cammino, la generazione di forze muscolari nel corpo umano e la presenza di reazioni vincolari alle articolazioni in condizioni statiche. Gli argomenti teorici sono introdotti come fondamento per lo svolgimento di attività pratiche di raccolta, analisi e di discussione di dati sperimentali.

## **Risultati di apprendimento specifici**

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

Lo studente dovrà essere in grado di:

- Conoscere strumenti teorici/applicativi e nozioni di base necessarie per pianificare, impostare ed eseguire in laboratorio attività sperimentali di carattere bioingegneristico;
- Analizzare dati raccolti durante attività sperimentali;
- Discutere criticamente i risultati dell'attività sperimentale e fornire motivazioni e spiegazioni su quanto ottenuto;
- Riportare l'attività svolta tramite relazione tecnica e presentazione con slide.

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

Lo studente dovrà essere in grado di:

- Svolgere prove a trazione su tessuti biologici selezionati (es. tendine animale) e analizzare i dati sperimentali applicando modelli della viscoelasticità lineare;
- Svolgere test sperimentali di biomeccanica del movimento in un compito selezionato (es. cammino in piano) e analizzare i dati sperimentali applicando i fondamenti dell'analisi del movimento e i principi dell'antropometria;
- Svolgere test sperimentali per analisi statica del sistema muscolo-scheletrico in un distretto corporeo

selezionato (es. arto inferiore in stazione eretta) e analizzare i dati sperimentali applicando i principi della statica.

### **Autonomia di giudizio.**

Lo studente è stimolato allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche nella comprensione dei concetti teorici, nell'identificazione di soluzioni a problemi sperimentali e nella valutazione dei risultati nell'ambito delle attività svolte durante l'intero corso.

### **Capacità di apprendere.**

Lo studente è guidato a sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni (con riferimento sia ad argomenti teorici che a esempi sperimentali) e consenta una partecipazione attiva alle attività laboratoriali. Il corso, nella sua natura sperimentale, stimola la traslazione dei concetti appresi ad ambiti pratici specifici per consentire lo sviluppo della capacità di applicare e contestualizzare metodi e nozioni.

### **Abilità comunicative.**

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. Si pone particolare cura alla qualità della comunicazione, con 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, viene anche introdotto alla preparazione di una relazione tecnica su attività sperimentali di carattere bioingegneristico.

## **Programma**

L'insegnamento include i seguenti argomenti:

### **INTRODUZIONE (3 ore)**

Introduzione ad attività sperimentali e all'analisi dati in ambito bioingegneristico;

Introduzione alla preparazione di presentazioni e relazioni tecniche.

### **MODELLI VISCOELASTICI DEI TESSUTI BIOLOGICI (17 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 (es. tendine animale).

### **ANTROPOMETRIA E BIOMECCANICA DEL MOVIMENTO (23 ore)**

Introduzione all'antropometria;

Analisi biomeccanica del cammino;

Stima di parametri antropometrici;

Calcolo della cinematica del cammino;

Attività di raccolta ed elaborazione dati in laboratorio: estrazione, per via sperimentale, di angoli articolari e di parametri antropometrici durante un compito selezionato (es. cammino in piano).

### **MODELLI PER LA STATICA DEL CORPO UMANO (17 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 (es. arto inferiore in stazione eretta).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento prevede: i) poche lezioni frontali per la presentazione di argomenti di tipo teorico (ed esempi

applicativi) necessari per la comprensione e lo svolgimento di attività di laboratorio; ii) lezioni pratiche in laboratorio per l'impiego degli strumenti teorico-applicativi analizzati, volte alla raccolta di dati sperimentali; iii) esercitazioni in aula per l'elaborazione dei dati guidata dal docente. L'analisi dei dati raccolti durante le attività di laboratorio viene svolta da gruppi di 4-5 studenti, i quali redigono una relazione tecnica da consegnare 3 giorni prima dell'appello d'esame selezionato e da presentare il giorno dell'appello con il supporto di slide.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità relative alle tematiche del corso sono verificate valutando: i) la relazione tecnica e la presentazione tramite slide, entrambe svolte in gruppo, dedicate a riportare i metodi di raccolta e analisi dati utilizzati e la discussione dei risultati ottenuti; ii) un colloquio orale (a valle della presentazione) per la valutazione delle basi teoriche e pratiche del corso, delle capacità applicative sviluppate e per la discussione di dettaglio delle attività sperimentali. Durante il colloquio orale il docente pone domande differenziate tra gli studenti dello stesso gruppo per valutare l'apporto individuale al lavoro complessivo e per 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. La valutazione finale viene attribuita tramite una media pesata dei voti della relazione tecnica (30%), della presentazione dell'attività sperimentale (30%) e del colloquio orale (40%). La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove (relazione, presentazione e colloquio) ma che dimostrino pure una non comune abilità nell'applicare correttamente le conoscenze acquisite.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Si richiedono conoscenze di Analisi Matematica e Fisica.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

#### **Materiale didattico di supporto all'apprendimento:**

Dispense distribuite dal docente.

G. Legnami, G. Palmieri, Fondamenti di Meccanica e Biomeccanica del Movimento, CittàStudi.

#### **Testi di consultazione:**

N. Ozkaya, M. Nordin, D. Goldsheyder, D. Leger, Fondamenti di Biomeccanica, Piccin.

D. A. Winter, Biomechanics and Motor Control of Human Movement, Fourth Edition, Wiley.

# LABORATORIO DI MECCANICA RAZIONALE

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	MAT/07
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docenti</b>	Simonetta Filippi (titolare) Christian Cherubini

## Obiettivi formativi specifici

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. I concetti cardine della Meccanica Razionale devono essere assimilati ed applicati, analiticamente e 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.

## Risultati di apprendimento specifici

### Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà descrivere i principi fondamentali della Meccanica Razionale. In particolare dovrà comprendere i concetti fondamentali di sistema di riferimento, lavoro virtuale, energia, leggi di conservazione e simmetrie, nonché le applicazioni relative a sistemi dinamici in generale, sistemi oscillanti liberi e vincolati e corpo rigido. Dovrà valutare i metodi e le tecniche appropriate per la risoluzione di problemi della dinamica di oscillatori e corpi rigidi fondamentali nella Meccanica Razionale.

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà applicare le proprie capacità di comprensione dei metodi generali della meccanica lagrangiana e hamiltoniana attraverso lo svolgimento di esercizi che richiedono l'uso di derivate, integrali ed equazioni differenziali ordinarie. Inoltre dovrà utilizzare il software MATLAB per opportune simulazioni numeriche al calcolatore per la risoluzione dei problemi non lineari.

Per far ciò frequenterà esercitazioni teorico-pratiche in aula con il supporto del computer.

### Autonomia di giudizio

L'autonomia di giudizio verrà stimolata attraverso lo studio di manuali specialistici della materia ed affrontando esempi sui quali verrà sollecitata una discussione con gli studenti stessi in classe. L'autonomia di giudizio verrà verificata tramite un esame scritto che verterà sulle tematiche affrontate nel corso.

### Capacità di apprendimento

Lo studente dovrà sviluppare competenze sia teoriche che pratiche, utili a poter affrontare i singoli argomenti di studio e i futuri sviluppi della materia. Lo studente verrà guidato attraverso opportune riflessioni e metodologie di ragionamento a un'adeguata autonomia che gli permetterà di incrementare i propri livelli di conoscenza

della Meccanica nel suo sviluppo storico che comprende la Meccanica Razionale con i suoi strumenti e la sua estensione alla Meccanica quantistica e relativistica in relazione alle applicazioni nei diversi contesti dell'Ingegneria.

### **Programma**

- 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 svolti analiticamente e al calcolatore con software di simulazione (30 ore)

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

I metodi didattici del corso prevedono lezioni frontali sia di teoria (30 ore) che di esercitazione (20 ore e attività laboratoriale guidata in aula (10 ore) per la risoluzione di esercizi anche attraverso l'uso del computer.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le verifiche di apprendimento sono eseguite attraverso una prova unica in forma scritta di 1 ora.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il candidato risolve 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.

Il candidato risponde inoltre in forma scritta a 1 domanda sul programma dettagliato del corso messo a disposizione dal docente sul sito e-learning e discute infine le proprie risposte con il docente. All'esercizio è assegnato un punteggio da 0 a 15 come anche alla domanda teorica sul programma. 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 somma dei voti dell'esercizio e della domanda teorica. 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 alla domanda teorica.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

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

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, "Meccanica classica", Zanichelli (2005).

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

W. Greiner, Classical Mechanics: Systems of Particles and Hamiltonian, Springer (2009).

Materiale fornito dal docente.

## LABORATORIO DI MISURE

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/12
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° Anno, 2° Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Emiliano Schena

### Obiettivi formativi specifici

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. 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.

### Risultati di apprendimento specifici

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

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 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)

### Programma

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

Strumenti di misura e caratteristiche metrologiche (40 ore)

- Oscilloscopio analogico e digitale;
- Misure di corrente, tensione e resistenza elettrica;
- Calibrazione statica di un sistema di misura;
- Analisi sperimentale degli effetti di carico;
- 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;
- Sistemi del primo e del secondo ordine;
- Tempo di risposta e banda passante;

Stadio di Processamento del segnale e acquisizione del segnale (20 ore)

- Ponte di Wheatstone;
- Trasformata di Fourier;
- Acquisizione ed elaborazione dati in ambiente labVIEW;
- 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

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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 e 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)

### **Metodi e criteri di valutazione 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 sperimentali condotte in laboratorio ed esercitazioni effettuate al computer in cui viene richiesto rispettivamente di svolgere un esperimento relativo alla misurazione di una grandezza fisica o alla stima di una caratteristica metrologica e di analizzare dei dati sperimentali registrati attraverso una serie di misurazioni (20/30). Le altre conoscenze vengono verificate mediante una prova orale (10/30) in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici del corso e sulla descrizione di una catena di misura progettata durante il corso.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi. Nella valutazione le prove sperimentali condotte in laboratorio per effettuare la misura di una grandezza fisica o una caratteristica metrologica di uno strumento di misura ed esercitazioni effettuate al computer peserà 20/30. Il numero di esperimenti richiesto sarà almeno 4. 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 consegnerà una votazione maggiore o uguale a 18/30.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuno

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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.

Ernest O. Doebelin. Strumenti e metodi di misura (2008). McGraw-Hill Education

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

# **MECCANICA E TERMODINAMICA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** FIS/03

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 90

**Docente** Letizia Chiodo

## **Obiettivi formativi specifici**

L'insegnamento di Meccanica e Termodinamica tratta i concetti fondamentali della meccanica e termodinamica classiche e fornisce gli elementi per una conoscenza di base dei fenomeni fisici, per la comprensione di processi fisici e la loro descrizione in termini di modelli matematici.

Fornisce le adeguate conoscenze di aspetti metodologico-operativi della fisica integrati con le altre scienze di base, per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.

## **Risultati di apprendimento specifici**

- Lo studente conosce fenomeni classici della Meccanica e Termodinamica, le grandezze necessarie a descrivere tali fenomeni, i principi fisici e le leggi fenomenologiche che legano tali grandezze e la loro rappresentazione in termini modellistico-matematici.
- Lo studente è in grado di applicare in modo critico le conoscenze sopra descritte per analizzare un fenomeno fisico, individuare le grandezze e le leggi necessarie alla sua descrizione quantitativa, valutando i limiti di validità dei modelli scelti, prevedere l'evoluzione del sistema/fenomeno in base al modello scelto e analizzarne criticamente il comportamento.

## **Programma**

Scopo dell'insegnamento è lo studio della meccanica per sistemi fisici semplici e complessi, in termini delle grandezze principali forza/momento ed energia/lavoro/calore. I sistemi studiati includono punto materiale, sistemi di punti materiali, corpo rigido, liquidi, gas.

**Introduzione.** Metodo scientifico. Grandezze fisiche, definizione operativa. Sistemi di unità di misura. (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. Terzo principio della dinamica. Componenti trasversali e centripete del moto. Sistemi di riferimento inerziali e non inerziali. Moti relativi. Forze apparenti. Forza peso. Reazioni vincolari. Attriti. Moti di un grave. Forze viscosi. Moto di un grave sottoposto a forza di resistenza viscosa. Forze elastiche. Moti di oscillatori smorzati e forzati. Risonanza.

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

Impulso e quantità di moto. Momento angolare e momento di una forza. Forze centrali. Legge di Gravitazione universale e Leggi di Keplero.

**Dinamica dei sistemi di punti e del corpo rigido.** (17 ore) Centro di massa. Densità. Equazioni cardinali della meccanica. Teoremi 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.

**Termodinamica.** (15 ore) Calore e temperatura. Sistemi termodinamici. Stati di equilibrio. Trasformazioni termodinamiche. Lavoro. Equivalente meccanico della caloria. 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. Teorema di Carnot e Teorema di Clausius. 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 (circa 30 ore).

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Inserire Testo

I metodi didattici del corso prevedono delle lezioni frontali su argomenti di teoria (ca. 60 ore) e su svolgimento di esercizi (ca. 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 sugli argomenti di teoria. Tale attività è di supporto alla preparazione della prova di esame, per la parte riguardante la risoluzione di esercizi.

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Inserire Testo

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 degli esercizi, al fine di verificare che lo studente abbia assimilato le metodologie di base per risolvere in concreto problemi di meccanica e termodinamica, e risponde a delle domande a risposta multipla riguardanti argomenti di base della teoria. Nella seconda fase della verifica, il candidato risponde, in forma scritta, a delle domande mirate sulla parte di teoria, facendo riferimento al programma dettagliato del corso, pubblicato sul sito elearning al termine del corso. Lo studente discute poi le proprie risposte con il docente.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La prima fase è volta ad accertare la capacità nel determinare le grandezze fisiche e le relazioni matematiche tra esse esistenti, necessarie per l'appropriata descrizione di un fenomeno o processo fisico, i limiti di validità del modello o legge utilizzati, e nello studiare l'evoluzione spazio-temporale di un fenomeno attraverso la risoluzione delle adeguate equazioni algebriche, differenziali o integrali.

Alla prima fase di esame si associa un punteggio in trentesimi, e la fase si considera superata solo se lo studente ottiene un punteggio sufficiente (18/30 o superiore).

La seconda fase è volta ad accertare il grado di comprensione degli argomenti trattati nell'insegnamento, la capacità di analisi critica e di organizzazione e descrizione logico-matematica dei fenomeni.

Alla seconda 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 da una media pesata (2/3, 1/3) 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, sia a risposta multipla che 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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità formale. Sono necessarie conoscenze di matematica elementare (algebra, trigonometria, geometria piana, studio di funzioni), analisi matematica, algebra lineare (calcolo differenziale ed integrale, limiti, calcolo vettoriale e matriciale).

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Libro di testo: P. Mazzoldi, M. Nigro, C. Voci, Fisica, Vol. I, EdiSES, Napoli, 2000.

R. A. Serway, J. W. Jewett Jr., Physics for Scientists and Engineers, 9th edition, Cengage

Libro per esercizi: P. Mazzoldi, A. Saggion, C. Voci, Problemi di Fisica Generale, Meccanica e Termodinamica, Edizioni Libreria Cortina Padova, 1999.

Materiale del docente: appunti delle lezioni, slides delle lezioni, esercizi svolti, pubblicati sulla pagina e-learning del corso.

## **Testi consigliati per approfondimenti e consultazione:**

C. Mencuccini, V. Silvestrini, Fisica, Meccanica e Termodinamica, Casa Editrice Ambrosiana, 2016

L. Duò, P. Taroni, Fisica, Meccanica e Termodinamica, EdiSES, Napoli, 2021

## MECCANICA PER MACCHINE E SISTEMI BIOMECCANICI

<b>Moduli componenti</b>	Modulo A: Meccanica Applicata alle Macchine Modulo B: Bioingegneria Industriale
<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/13 (Meccanica Applicata alle Macchine) ING-IND/34 (Bioingegneria Industriale)
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno 1° semestre: modulo A 2° semestre: modulo B
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	12 (6 CFU modulo A, 6 CFU modulo B)
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	120
<b>Docente</b>	Nevio Luigi Tagliamonte

### Obiettivi formativi specifici

Il corso mira a fornire le basi per l'analisi e la progettazione meccanica di componenti di macchine e sistemi biomeccanici. A valle di una prima fase che introduce alle basi della progettazione, per la comprensione del processo progettuale, l'insegnamento è strutturato secondo due moduli, A (I semestre) e B (II semestre), con gli obiettivi riportati nel seguito.

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 sistemi biomeccanici 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 e costruzione di componenti di macchine e sistemi biomeccanici, inclusi teoria delle vibrazioni, metodi analitici e numerici di dimensionamento e verifica di componenti di macchine e tecniche di Computer Aided Engineering (CAE).

### Risultati di apprendimento specifici

Conoscenza e capacità di comprensione.

Lo studente dovrà essere in grado di:

- Redigere un documento di specifiche tecniche come fase preliminare per la progettazione di macchine;
- Eseguire l'analisi di strutture cinematiche e dei gradi di libertà di meccanismi;
- Impostare e risolvere modelli cinematici per la valutazione delle velocità ed accelerazioni (analisi cinematica) in meccanismi articolati attraverso metodi grafici e analitici;
- Applicare procedure grafiche ed analitiche per risolvere problemi di sintesi cinematica di meccanismi;
- 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 per l'analisi delle vibrazioni nei sistemi meccanici;
- Eseguire il calcolo delle frequenze naturali e modi di vibrare per modelli lineari di sistemi meccanici;
- Effettuare modellazione virtuale di componenti meccanici utilizzando software di Computer Aided Design (CAD);

- Applicare le norme di rappresentazione grafica per il disegno di semplici componenti meccanici;
- Applicare concetti di analisi strutturale (calcolo delle caratteristiche delle sollecitazioni e delle tensioni in modelli di strutture semplici) per il dimensionamento e la verifica di organi di macchine e sistemi biomeccanici;
- Applicare criteri di resistenza e analisi dell'intensificazione delle tensioni e della fatica per il dimensionamento e la verifica di componenti di macchine e sistemi biomeccanici;
- Conoscere metodi per la selezione dei materiali per il dimensionamento di componenti di macchine;
- Conoscere i fondamenti teorici del Metodo degli Elementi Finiti (FEM) e utilizzare software per simulazioni strutturali statiche;
- Svolgere un avamprogetto di un sistema biomeccanico nel corso dell'insegnamento, applicando le nozioni teoriche fornite.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente è guidato a 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 svolte in un progetto didattico, 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 in ambito di progettazione meccanica e bioingegneria.

### **Abilità comunicative**

Lo studente è stimolato a porre 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 della relazione tecnica relativa al progetto didattico) 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, è, pertanto, anche introdotto alla redazione di documenti tecnici.

## **Programma**

Il corso è organizzato come riportato nel seguito.

### INTRODUZIONE (I semestre)

Basi della progettazione (8 ore)

Prospettive sulla progettazione meccanica e applicazioni in bioingegneria;

Cenni su norme e standard;

Specifiche tecniche;

Processo progettuale e avamprogetto.

### MODULO A (I semestre)

Cinematica dei moti rigidi e dei meccanismi piani (27 ore)

Struttura cinematica dei meccanismi e definizioni elementari;

Calcolo dei gradi di libertà in un meccanismo: formule di Grubler e Kutzbach;

Richiami delle principali relazioni tra velocità ed accelerazione nei moti rigidi piani; accelerazione di Coriolis nei meccanismi;

Analisi cinematica di meccanismi tramite diagrammi polari ed equazioni di chiusura;

Teorema di Aronhold-Kennedy e calcolo dei centri di istantanea rotazione;

Configurazioni critiche dei meccanismi, matrice Jacobiana e metodo di Hertz-Whittaker;

Teorema di Chasles;

Matrici di spostamento dei moti piani;

Moti finiti e centro della rotazione finita;

Sintesi del quadrilatero articolato per via grafica, tramite metodo di Suh-Radcliffe e equazione di Freudenstein.

Statica e dinamica per sistemi piani (15 ore)

Sistemi di forze equivalenti e risultante delle forze;

Metodo del diagramma di corpo libero per analisi statica;

Principio dei lavori virtuali e applicazioni;

Riduzione delle azioni d'inerzia;

Equazioni della dinamica del corpo rigido;

Dinamica di meccanismi articolati piani.

Trasmissioni meccaniche (10 ore)

Introduzione alle trasmissioni ad ingranaggi tramite leve oscillanti;

Proporzionamento modulare delle ruote dentate;

Caratteristiche dei profili ad evolvente;

Ruote a denti dritti ed elicoidali.

Trasmissione delle forze nelle coppie ad ingranaggi;

Classificazione e rappresentazione dei rotismi; equazione di Willis e analisi cinematica di rotismi epicicloidali.

MODULO B (II semestre)

Meccanica delle vibrazioni (8 ore)

Sistemi ad 1 e 2 g.d.l.;

Isolamento delle vibrazioni.

Dimensionamento e verifica di organi di macchine (28 ore)

Modelli per il calcolo strutturale;

Calcolo di sforzi e deformazioni nel modello trave;

Criteri di selezione dei materiali;

Resistenza statica e coefficiente di sicurezza;

Richiami di teoria dell'elasticità lineare, stati di tensione e tensioni principali;

Calcolo delle sollecitazioni tramite criteri di equivalenza;

Dimensionamento e verifica a robustezza e a rigidità;

Resistenza in presenza di effetti di intensificazione degli sforzi;

Resistenza a fatica.

Progettazione di macchine e sistemi biomeccanici tramite strumenti CAE (24 ore)

Panoramica sugli strumenti CAE;

Fondamenti di disegno di macchine e norme di rappresentazione grafica;

Utilizzo di strumenti software per CAD;

Fondamenti di analisi strutturale tramite FEM;

Utilizzo di strumenti software per simulazioni statiche tramite FEM.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

12 CFU 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 (85 ore); ii) lo svolgimento di esercitazioni che mostrano l'applicazione della teoria a problemi specifici (25 ore) iii) la presentazione e la spiegazione di tracce per lo svolgimento di un progetto didattico (10 ore), diviso in varie parti, che richiede l'applicazione di diversi argomenti del corso e l'approfondimento specifico, supportato dal docente, da parte degli studenti.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:**

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

- progetto didattico, da svolgere autonomamente con il supporto dei docenti, suddiviso in varie parti a seconda degli argomenti trattati durante i differenti moduli del corso;
- prova scritta (durata massima: 150 minuti), in cui si richiede la soluzione di quesiti teorici e applicativi;
- 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 espositivo raggiunto dallo studente. I quesiti potranno riguardare i) argomenti teorici ii) esercizi articolati, differenti dagli esempi illustrati in aula, che richiedono l'applicazione di diversi argomenti trattati a lezione; iii) attività svolte per l'esecuzione del progetto didattico.

L'esame potrà essere svolto per intero al termine del corso oppure suddiviso in due parti, svolgendo una prova intermedia alla fine del primo semestre (modulo A) e una seconda prova a alla fine del secondo semestre (Modulo B). Ciascuna delle due includerà una prova scritta (durata massima: 100 minuti) e una prova orale.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Progetto didattico, prova scritta e orale sono valutati in trentesimi. Alla prova orale si accederà solo se sono state svolte tutte le parti intermedie del progetto didattico e ottenuto il punteggio minimo di 18 nella prova scritta sostenuta durante lo stesso appello. Nella formulazione del voto finale, espresso in trentesimi, si tiene conto per il 20% del profitto nello svolgimento del progetto didattico, per il 40% del voto conseguito nella prova scritta e per il 40% del voto della prova orale. Tale suddivisione rimarrà valida sia che l'esame venga svolto per intero sia che venga svolto in due parti.

L'esame è superato se il voto finale conseguito è maggiore o uguale a 18. 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, Matematica o Scienza delle Costruzioni).

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Si richiedono conoscenze di Analisi Matematica, Fisica, Geometria e soprattutto sono particolarmente importanti conoscenze pregresse in ambito di Scienza delle Costruzioni e Scienza e Tecnologia dei Materiali.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

### **Materiale didattico di supporto all'apprendimento:**

Dispense predisposte dal docente.

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, voll. I, III, Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

E. Pennestrì, Dinamica Tecnica e Computazionale, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, vol. I.

Juvinall, R. C., and Marshek, K. M., 2017. Fondamenti di costruzione di macchine. CittàStudi.

Chirone E., Tornincasa S., 2008. Disegno Tecnico Industriale vol I e II, Edizioni Il Capitello.

### **Testi di consultazione:**

- Shigley, J, Uicker, J., 2014, Progetto e costruzione di macchine. McGraw-Hill Higher Education.  
Manf , G., Pozza R., Scarato, G., 1995. Manuale di disegno meccanico. Principato.  
E. Pennestr , Engineering Kinematics: Mechanisms design for finitely separated positions.  
F. Reuleaux, The kinematics of machinery: outlines of a theory of machines.  
D. Madsen, Engineering drawing and design.

## **METODI DI OTTIMIZZAZIONE DELLA RICERCA OPERATIVA**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	SECS-S/06
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attivit� didattica</b>	60 ore
<b>Docenti</b>	M. Papi

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso si prefigge l'obiettivo di rendere lo studente capace di elaborare i concetti, i metodi e le applicazioni propri dell'ottimizzazione e della ricerca operativa. 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.

### **Risultati di apprendimento specifici**

Lo studente dovr  acquisire capacit  e competenze volte a saper traslare le informazioni teoriche e le abilit  operative acquisite nell'ambito dell'ottimizzazione ai contesti scientifici e tecnologici propri dell'ingegneria. Il corso intende fornire allo studente una autonoma capacit  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. In particolare, verr  posta particolare attenzione al saper osservare fenomeni reali, formulando un modello matematico, in grado di descriverne gli aspetti salienti.

### **Programma**

Scopi e metodologie della Ricerca Operativa. I problemi decisionali. Formulazione matematica dei problemi di ottimizzazione: funzione obiettivo e vincoli. Funzioni convesse e loro propriet . Problemi di ottimo con vincoli di uguaglianza e di disuguaglianza: teorema di Kuhn – Tucker. Introduzione alla Programmazione Lineare (PL). Il metodo del simplesso. Programmazione lineare intera. Metodi di taglio e Branch and Bound. Algoritmi evolutivi: Il metodo di Newton e metodo del gradiente. Analisi di sensitivit . Teoria delle decisioni e

analisi decisionale. Certezza, rischio ed incertezza. Condizioni di rischio. Decisioni in condizioni di incertezza. Il criterio del valore atteso. Funzioni di utilità e loro proprietà. Avversione al rischio, neutralità ed equivalente certo. Uso di strumenti di calcolo nella risoluzione di problemi di ottimizzazione.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

- Lezioni frontali (40 ore) in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi guida che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.
- Esercitazioni frontali (20 ore) con cadenza settimanale durante il periodo di erogazione del corso e in preparazione della prova d'esame.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La prova d'esame consiste in una prova scritta. Nella prova scritta sono assegnati 3 esercizi in forma aperta e 5 quesiti teorici a risposta multipla. 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. 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. Le domande a risposta multipla riguardano argomenti principalmente teorici svolti nel durante il corso. Il punteggio complessivo (massimo) per la prova scritta è pari a 32. Il tempo assegnato per lo svolgimento della prova scritta è pari a 2.5 ore.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi, dato dell'esito della prova scritta. L'esame si considera superato qualora lo studente consegua un punteggio maggiore o uguale a 18/32 nella prova scritta

Il voto finale è espresso in 30-esimi. Lo studente che consegue un punteggio nella prova scritta superiore a 30, consegue la lode.

### **Prerequisiti / Propedeuticità**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Elementi di algebra lineare, calcolo differenziale ed integrale per funzioni di più variabili reali.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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.

letcher, R. Practical: Methods of Optimization, Wiley.

W.L. Winston, Operations Research, Applications and Algorithms, third edition.

## METODI MATEMATICI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	SECS-S/06
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	12 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	120 ore
<b>Docente</b>	M. Papi

### Obiettivi formativi specifici

Il corso si prefigge l'obiettivo di rendere lo studente capace di elaborare i concetti propri del calcolo differenziale ed integrale per funzioni di più variabili con il fine di utilizzarli per interpretare e descrivere alcuni problemi delle scienze applicate ed in particolare dell'ingegneria. Lo studente dovrà acquisire capacità e competenze volte a saper traslare le informazioni teoriche e le abilità operative acquisite ai contesti scientifici e tecnologici propri dell'ingegneria. La capacità di applicare conoscenza e comprensione si conseguiranno mediante esercitazioni teorico-pratiche.

### Risultati di apprendimento specifici

Conoscenza e comprensione del concetto di limite, di continuità e di differenziabilità per funzioni di più variabili reali.

Conoscenza delle principali tecniche del calcolo differenziale e del calcolo integrale in più variabili e la loro applicazione all'ingegneria.

Conoscenza e comprensione del concetto di applicazione lineare tra spazi vettoriali e del suo impiego nella formalizzazione di problemi di interesse ingegneristico.

Conoscenza delle principali equazioni differenziali ordinarie di base utilizzate nelle scienze e nell'ingegneria.

Lo studente dovrà aver acquisito non solo competenze e conoscenze adeguate al superamento dell'esame, ma anche 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 più avanzati, mediante lo sviluppo di un'adeguata autonomia operativa.

### Programma

Applicazioni lineari: Matrice associata ad un'applicazione lineare rispetto a due basi fissate. Nucleo ed immagine. Matrice del cambiamento di base. Endomorfismi, isomorfismi ed automorfismi. 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 cartesiane della retta nel piano e nello spazio e posizione reciproca. Equazioni parametriche e cartesiane 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 di funzioni: convergenza puntuale ed uniforme. Serie di funzioni: convergenza puntuale, uniforme e totale. Serie di potenze e insieme di convergenza. Derivazione ed integrazione termine a termine per serie uniformemente convergenti. Polinomi trigonometrici. Serie trigonometriche e serie di Fourier. Lo spazio  $L^2$ . Comportamento asintotico dei coefficienti di Fourier. Disuguaglianza di Bessel e uguaglianza di Parseval. Convergenza puntuale ed uniforme della serie di Fourier.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

- Lezioni frontali (90 ore) in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi guida che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.
- Esercitazioni frontali (30 ore) con cadenza settimanale durante il periodo di erogazione del corso e in preparazione della prova d'esame.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:**

La prova d'esame consiste in una prova scritta. Nella prova scritta sono assegnati 4 esercizi pratici in forma aperta e 4 quesiti teorici a risposta multipla. La scelta della risposta aperta negli esercizi pratici 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 e di esporli in modo corretto ma sintetico. Nelle domande a risposta multipla sono proposti allo studente quesiti riguardanti argomenti principalmente teorici svolti nel programma del corso. Il tempo assegnato per lo svolgimento della prova scritta è pari a 3 ore ed il punteggio complessivo (massimo) è pari a 32.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi, dato dell'esito



concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso e apprenderà 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.

## **Programma**

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

- 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 incompressibili. 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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Nella valutazione ciascuno dei due argomenti richiesti allo studente peseranno 15/30 per un totale di 30/30.

### **Propedeuticità**

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

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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

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

## **PROBABILITÀ E STATISTICA PER L'INGEGNERIA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD):** NG-INF/04

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 90

**Docente** Filippo Cacace

### **Obiettivi formativi specifici**

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi le basi teoriche per la formalizzazione matematica dell'incertezza, i metodi fondamentali di teoria della probabilità e di teoria della stima. Inoltre l'insegnamento si propone di introdurre gli studenti all'ambiente di calcolo numerico MATLAB.

### **Risultati di apprendimento specifici**

Conoscenza dei risultati fondamentali della teoria della probabilità e dei principali metodi di stima.

Capacità di elaborare dati sperimentali in particolare stimando i parametri che esprimono la dipendenza tra variabili. Capacità di risolvere problemi numerici (per esempio equazioni lineari e nonlineari, problemi di ottimizzazione e integrali definiti) in ambiente MATLAB.

Capacità di valutare requisiti, precisione e affidabilità di metodi di stima e misura.

Consapevolezza dei limiti teorici dei metodi di stima e valutazione della loro adeguatezza per uno specifico compito progettuale.

Capacità di utilizzare i concetti e termini adeguati nella descrizione del trattamento di dati e misure.

## **Programma**

### **Parte I - Probabilità.**

Spazio di probabilità. Calcolo delle probabilità. Variabili aleatorie. Integrali su misure di probabilità. Indipendenza di variabili aleatorie. Distribuzioni di probabilità. Teorema del limite centrale e legge dei grandi numeri (30 ore).

### **Parte II - Statistica e teoria della stima.**

Vettori aleatori. Valore atteso condizionato. Stima di minima varianza. Stima di massima verosimiglianza. Stime statistiche. Test statistici. Stime del valore atteso. Modelli lineari. Stime di Markov su modelli lineari. Stima ai minimi quadrati. Analisi della varianza. Intervalli di confidenza e test sulla stima ai minimi quadrati (44 ore).

### **Parte III – Matlab.**

Operazioni su matrici e vettori. Rappresentazioni grafiche. Programmazione in Matlab. Soluzione di problemi numerici: sistemi di equazioni, integrali, minimi e massimi vincolati. Analisi dei dati, statistica descrittiva e regressioni (26 ore).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Sono previste circa 100 ore di lezione, divise in due lezioni settimanali di Probabilità e una dedicata a Matlab. Le lezioni di Matlab includono le esercitazioni. Esercizi e applicazioni di probabilità sono svolti in un tutorato settimanale.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Esame orale della durata di circa trenta minuti e che consiste nella discussione di tre argomenti, due di Probabilità e Statistica e uno di Matlab.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

A ogni domanda sono attribuiti 10 punti.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Algebra lineare

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense del docente.

R. Christensen. Plane answers to complex questions: the theory of linear models. Springer Science & Business Media, 2011.

M. Dalla Mora, A. Germani, C. Manes, C. Introduzione alla teoria dell'identificazione dei sistemi. Euroma La Goliardica, 1997.

R.J. Pruim. Foundations and applications of statistics: an introduction using R. American Mathematical Society, 2011.

## **PROGETTAZIONE DELLE APPARECCHIATURE PER L'INDUSTRIA DI PROCESSO 1**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/25
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	ING-IND III anno II Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Antonino Germanà

### **Obiettivi formativi specifici**

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.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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.

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.

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.

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.

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

### **Programma:**

- 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 – **5 ore.**

- Dimensionamento meccanico delle principali apparecchiature di processo (colonne, scambiatori di calore, reattori e serbatoi) – **10 ore**.
- Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazione delle apparecchiature: aspetti connessi con il dimensionamento ed approvvigionamento – **5 ore**.

Ingegneria del macchinario:

- Pompe, compressori, turbine a vapore, motori elettrici. Norme API, specifiche tecniche, materiali di ostruzione, criteri di installazione, avviamento e collaudo – **10 ore**.

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 – **10 ore**.
- 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 – **10 ore**.
- Schemi di impianti tipici: centrale termica, impianto aria compressa, impianto di dissalazione dell'acqua di mare – **10 ore**.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il Corso di Progettazione Meccanica degli Impianti I è strutturato in lezioni frontali, **40 ore** ed in esercitazioni numeriche **20 ore**. 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.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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. Alla prova scritta si attribuisce un peso del 60% ai fini della determinazione del voto finale. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Si ritengono necessarie le conoscenze e le competenze come acquisite nei corsi di Scienza delle Costruzioni, di Meccanica delle Macchine e di Elettrotecnica.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

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**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/05

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      60

**Docenti**      Ing. Marcello Esposito  
Dott. Pierangelo Afferni

### **Obiettivi formativi specifici**

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.

### **Risultati di apprendimento specifici**

Comprensione della specifica formale di un tipo di dato astratto. Capacità di interpretazione di una documentazione in linguaggio UML. Realizzazione di semplici algoritmi in linguaggio Java. Modellazione di semplici scenari con approccio orientato agli oggetti. Autonomia nella scelta di soluzioni software di compromesso per la risoluzione di problemi.

### **Programma**

#### **1 CFU – 10 ore**

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 – 10 ore**

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 – 10 ore**

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 – 10 ore**

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 tempi 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 – 10 ore**

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 (bubblesort). 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 – 10 ore**

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.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso prevede lo svolgimento di lezioni teoriche, per circa 30 ore, incentrate sugli argomenti contenuti nel programma del corso. Le restanti 30 ore circa sono dedicate ad esercitazioni in cui vengono messi in pratica i concetti teorici. Le esercitazioni consistono nella realizzazione di artefatti software e della relativa documentazione. Il docente assiste la classe durante lo svolgimento delle esercitazioni. L'esercitazione si conclude selezionando uno (o talvolta più di uno) dei lavori svolti e commentandolo criticamente. Durante il corso viene inoltre proposta la risoluzione di un problema mediante utilizzo degli strumenti appresi durante il corso. Gli studenti si cimentano autonomamente nella ricerca della soluzione, che viene successivamente presentata dal docente e discussa durante le lezioni del corso.

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Test a risposta multipla svolta con supporto informatico della durata di un'ora e contiene domande mirate alla valutazione delle conoscenze sia teoriche che pratiche. 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. Colloquio orale facoltativo.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

Il test a risposta multipla ha la durata di un'ora nella quale è richiesto di rispondere a 20 domande. 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, della durata di 2 ore. Il punteggio in 30-esimi è calcolato in base all'abilità dello studente nella realizzazione del codice, il rispetto della specifica formale assegnata, l'attenzione verso le problematiche di efficienza, la pulizia del codice. Il punteggio complessivo è calcolato come media del punteggio raggiunto al test ed alla prova di programmazione. Il colloquio orale facoltativo consiste nel rispondere a 2 o 3 domande teoriche o pratiche sul programma del corso e può contribuire ad un incremento di 2 punti al massimo.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Non vi sono propedeuticità. Rappresenta un prerequisito il possesso di buone conoscenze dei fondamenti dell'informatica e della programmazione strutturata.

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

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.

# SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/22

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° Anno, 1° Semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 60

**Docente** Francesco Basoli

## Obiettivi formativi specifici

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi una conoscenza di base dei diversi tipi di materiali sia tradizionali sia innovativi, mettendo a disposizione gli strumenti per individuare e comprendere le relazioni fondamentali

che sussistono tra la struttura dei materiali a livello atomico e molecolare e le loro proprietà tecnologiche, approfondendo in particolare lo studio del comportamento meccanico dei materiali.

## **Risultati di apprendimento specifici**

### **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 l'uso dei differenti testi proposti, oltre al 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.

## **Programma**

### **Concetti base (20 Ore)**

Classificazione dei materiali (metallici, polimerici, ceramici, compositi).

Legami chimici e struttura cristallina dei materiali.

Solidificazione dei metalli, policristallinità.

Processi attivati termicamente (diffusione).

### **Materiali metallici (30 Ore)**

Proprietà meccaniche dei materiali (diagramma sforzo deformazione, effetto della dimensione dei grani, durezza, deformazione plastica, deformazione a caldo, meccanica della frattura, fatica, etc).

Diagrammi di stato (binari e ternari).

Acciai e ghise.

Leghe di alluminio.

Leghe di titanio.

### **Altri materiali (10 Ore)**

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.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali che introducono le tematiche del corso ed esercitazioni numeriche per la loro applicazione a problemi specifici.

Ore di lezione: 40

Ore di esercitazione: 20

Le esercitazioni saranno suddivise in modo omogeneo durante l'intero arco temporale del corso e saranno strettamente correlate all'avanzamento del programma. Si comporranno principalmente di esercizi numerici atti a mettere in pratica e verificare le conoscenze acquisite durante le lezioni.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La preparazione conseguita dallo studente sarà valutata mediante una prova scritta, da completare in 2 ore, che, attraverso 3 domande di teoria a risposta aperta (domande a tema) e 3 esercizi numerici, mirerà a verificare non solo che lo studente abbia appreso le conoscenze teoriche relative alla scienza e tecnologia dei materiali, ma che sia in grado di applicare criticamente le conoscenze acquisite a specifici problemi relativi alla caratterizzazione, progettazione e selezione dei materiali.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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 di massimo 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.

### **Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base di chimica inorganica e organica.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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 scaricabili dalla pagina del corso su <https://elearning.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 provided by the teacher downloadable from the course page at <https://elearning.unicampus.it/>

# SCIENZE DELLE COSTRUZIONI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	<b>ICAR/08</b>
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento:</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	90
<b>Docente</b>	Alessio Gizzi

## Obiettivi formativi specifici

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.

## Risultati di apprendimento specifici

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

Il corso ha come obiettivo formativo anche il raggiungimento di conoscenza e capacità di comprensione teorica ed applicata della scienza delle costruzioni, autonomia di giudizio in ambito della statica dei sistemi deformabili, abilità comunicative scritte ed orali per la definizione dei principi della scienza delle costruzioni e capacità di apprendimento delle basi di modellazione della trave elastica monodimensionale.

## Programma

### Parte 0: Richiami 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 (15 ore).**

Modellazione della trave. 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 (20 ore).**

Il mezzo continuo: analisi della deformazione ed analisi della tensione.

I cerchi del Mohr per la tensione.

Il legame elastico lineare.

Il problema dell'equilibrio elastico: formulazione diretta ed aspetti energetici.

### **Parte IV: Il cilindro di Saint Venant (30 ore).**

Il problema di Saint Venant.

Forza normale eccentrica e Flessione retta.

Flessione deviata.

Tensoflessione e Pressoflessione.

Torsione uniforme.

Flessione e taglio.

### **Parte V: Analisi e verifica strutturale (8 ore).**

I criteri di resistenza.

Il fenomeno dell'instabilità strutturale.

La verifica strutturale.

### **Parte VI: Approfondimenti (4 ore).**

Cilindro in pressione e campi di spostamenti.

Aspetti energetici dei criteri di resistenza.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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).

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.

Esercitazioni in aula che approfondiscono i temi teorici con esercizi più complessi e predispongono lo studente alle prove d'esame.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 (in un'unica data di appello) al fine di valutare autonomia di giudizio e abilità comunicative.

La prova scritta, da completare in 3 ore, consiste di due parti e mira alla valutazione della comprensione generale degli argomenti trattati e dell'autonomia di giudizio per la soluzione di problemi propri della Scienza delle Costruzioni:

- 1) Una lista di domande teoriche a risposta multipla e/o aperta che coprono tutti i temi teorici e tecnici trattati a lezioni (definizioni, dimostrazioni, comprensione del testo e/o di un quesito tecnico). Ogni domanda prevede l'assegnazione di un punteggio indicato sul testo.
- 2) Due esercizi che comprendono una struttura isostatica o iperstatica da risolvere per mezzo del metodo degli spostamenti o delle forze con annessi diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione; una trave di De Saint Venant su cui calcolare e diagrammare la distribuzione degli sforzi sulla sezione, condurre l'analisi di sicurezza per mezzo dei criteri di resistenza.

La prova orale teorico/pratica (della durata di 10 minuti circa) verifica il grado e l'apprendimento delle conoscenze teoriche fornite allo studente. La prova prevede che lo studente illustri per iscritto e/o oralmente alcuni aspetti poco chiari emersi durante la prova scritta al fine di verificarne il grado di apprendimento e comprensione.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.

La prova scritta somma il punteggio ottenuto nella lista di domande teoriche (totale 10/30 punti) e due esercizi (totale 20/30 punti). Il raggiungimento della sufficienza nella prova scritta (18/30) permette allo studente di accedere alla prova orale teorico/pratica. Durante tale prova viene confermato o modificato il voto della prova scritta (fino a più o meno 4 punti rispetto quello della prova scritta) sulla base delle capacità di analisi e di sintesi e della chiarezza espositiva dello studente.

L'assegnazione della lode sarà valutata sulla base della preparazione che lo studente dimostra nella prova orale mostrando ottime capacità di comprensione, autonomia di giudizio ed abilità comunicative.

### **Propedeuticità**

Propedeuticità: Analisi matematica e Algebra lineare. Meccanica e Termodinamica (Fisica I)

Prerequisiti: Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

#### **Testo di riferimento:**

P.Casini, M.Vasta.Scienza delle Costruzioni, CittàStudi Edizioni, 2019. <http://www.cittastudi.it/catalogo/ingegneria/scienza-delle-costruzioni-3414/autori>

Dispense del docente: 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>

## SISTEMI INFORMATIVI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF-05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docente</b>	Ing. Mario Merone

### Obiettivi formativi specifici

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 architeturale e alle tecniche di sviluppo agile. Conoscenza delle principali architetture dei sistemi informatici distribuiti.

### Risultati di apprendimento specifici

Lo studente acquisirà le seguenti skill:

- database relazionale
- Implementazione database relazionale tramite mySqlione
- Utilizzo del DBMS MySql WorkBench
- Implementazioni interrogazioni al database

### Programma

Introduzione ai Sistemi Informativi, tipologie di sistemi informativi aziendali. Aspetti tecnologici con particolare riferimento ai sistemi web-based. Ciclo di vita di un sistema informativo aziendale. (10 ore)

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. Algebra relazionale e Il linguaggio SQL. Progettazione Concettuale e Logica. Implementazione diagramma EER (30 ore)

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. (20 ore)

### Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Lezioni frontali (60% delle lezioni), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Esercitazioni in laboratorio (40% delle lezioni), per insegnare l'uso degli strumenti software utili per la modellizzazione di dati e processi e per lo sviluppo di applicazioni web.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità richieste vengono verificate mediante un progetto svolto dagli studenti in gruppo e una prova orale svolta singolarmente dagli studenti. Il progetto riguarderà la realizzazione di un'applicazione curandone sia gli aspetti di progettazione che di realizzazione. Durante la prova orale sarà invece richiesto 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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione è espressa in trentesimi e l'esame si considera superato se il voto è superiore o uguale a 18. Il voto finale sarà la media del voto ottenuto con il progetto di gruppo e il voto ottenuto alla prova orale che ogni studente svolgerà singolarmente. Entrambi i voti saranno in trentesimi. La lode viene attribuita solo se si è ottenuto il punteggio massimo sia al progetto che alla prova orale.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense scaricabili sul portale didattico.

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

Ingegneria del software Ian Sommerville, Pearson

Della Mea, Di Gaspero, Scagnetto, Programmazione web lato server, seconda edizione, Apogeo, Milano, 2010

Date, C. J., and Hugh Darwen. "Databases, Types, and the Relational Model: The Third Manifesto Third Edition.

Rumbaugh J, Jacobson I, Booch G, The Unified Modeling Language Reference Manual Second Edition.

## **SISTEMI OPERATIVI E RETI DI CALCOLATORI**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docenti</b>	Paolo Soda Giulio Iannello

### **Obiettivi formativi specifici**

Il Corso di Sistemi Operativi e Reti di Calcolatori ha come obiettivo il consolidamento delle basi teoriche dell'Informatica con particolare riferimento alle tecnologie di rete, formando gli Studenti a comunicare e relazionarsi gli aspetti architetturali del comparto tecnologico. A tal fine, il Corso fornisce agli Studenti i fondamenti per l'interazione con un sistema operativo e per la configurazione e la gestione delle reti di calcolatori in applicazioni informatiche distribuite.

### **Risultati di apprendimento specifici**

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper utilizzare i principi dell'interazione Uomo-Macchina e le interfacce dei principali Sistemi Operativi per la loro configurazione e gestione.
- Saper progettare e analizzare una rete distribuita di calcolatori, utilizzandone i componenti fondamentali in un opportuno ambiente di simulazione.

#### **Autonomia di giudizio**

Lo studente dovrà saper:

- giudicare quali siano gli elementi fondamentali di un sistema operativo e di una rete di calcolatori, da utilizzare per risolvere casi applicativi reali
- utilizzare un sistema operativo, e sapere configurare una rete di calcolatori in un opportuno ambiente di simulazione

#### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

#### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia, utilizzando le reti e gli strumenti informatici di produttività quotidiani e di tipo professionale nelle attività di studio, ricerca e approfondimento disciplinare

## **Programma**

### **Il sistema operativo (~18 ore):**

Struttura e componenti di un sistema operativo

I sistemi operativi Unix-like

Interfaccia utente

Il file system e la sua gestione

Gestione dei processi e comunicazione tra processi

### **Le reti di calcolatori (~42 ore):**

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, subnetting

VLAN

Il livello di trasporto (TCP, UDP)

Application, Presentation, Session Layer

Sicurezza: firewalling, tipologia di attacchi, vulnerabilità, strategie di mitigazione

Laboratorio: configurazione, test e risoluzione di problemi in contesti reali o in ambienti di progettazione/simulazione

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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 computer è pari a 60%-40%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 in sede di esame sotto forma di laboratorio, che sarà poi discussa in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare gli strumenti del sistema operativo e gli strumenti per progettare e implementare in opportuno ambiente di simulazione una rete di computer.

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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Nella prova pratica gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito,

l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

La prova di laboratorio pesa il 30% nella definizione del voto finale.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Silberschatz - P.B. Galvin - G. Gagne, Sistemi Operativi - Concetti ed esempi (9a Edizione), Pearson Education Italia, Milano, 2014.

Introduction to Networks, Cisco

Reti di calcolatori e Internet. Un approccio top-down. (7a ed.), J. Kurose, K. Ross Pearson, 2017

# **STRATEGIE, PROCESSI E PROGETTI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/35

**Anno di corso e semestre di erogazione**    3° anno, 2° Ciclo Semestrale

**Lingua di insegnamento**    Italiano (materiale didattico e dispense in Italiano e Inglese)

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6 CFU

**Numero di ore di attività didattica**      60 ore

**Docenti**      Pierangelo Afferni  
Stefano Franco

## **Obiettivi formativi specifici:**

L'insegnamento 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
- Le nozioni fondamentali, sia teoriche che pratiche, sui processi aziendali, la catena del valore e gli standard di qualità dei processi, l'organizzazione per processi, l'analisi e la rappresentazione dei processi, il business process management, i cruscotti direzionali e gli indicatori chiave di performance
- I principi fondamentali del Project Management, le nozioni di base sui principali processi di gestione dei Progetti e le aree di competenza, nonché la conoscenza pratica delle tecniche e degli strumenti relativi.

## Risultati di apprendimento specifici

Con riferimento alle tre parti del programma didattico, lo studente sarà in grado di esporre correttamente le nozioni di teoria, di applicare i concetti e i metodi appresi ai casi specifici, di usare gli strumenti in modo adeguato e di descrivere le migliori pratiche, così come trattate nelle lezioni in aula e nelle letture assegnate. Lo studente saprà comunicare e interagire con i colleghi nelle attività di gruppo secondo quanto previsto dalla metodologia. Lo studente sarà in grado di esporre, discutere e argomentare il proprio lavoro svolto nelle esercitazioni assegnate, utilizzando la terminologia tecnica appropriata.

### Programma

#### Parte prima (totale 18 ore)

Questa parte propone le definizioni principali e metodi di valutazione delle scelte strategiche. In particolare, si discuteranno:

Il concetto di strategia (2 ore)

L'analisi di settore (3 ore)

L'analisi dei concorrenti (3 ore)

Natura e fonti del vantaggio competitivo: il vantaggio di costo e il vantaggio di differenziazione (3 ore)

Catena del valore (2 ore)

Approccio strategico basato sulle risorse e competenze (2 ore)

Le strategie di business nei diversi contesti competitivi (3 ore)

#### Parte seconda (totale 6 ore).

Questa parte fornisce una panoramica dello studio dei Processi Aziendali. Si tratteranno, pertanto:

Organizzazione per processi. Classificazione e gestione dei processi aziendali (2 ore)

Esempi e tecniche di rappresentazione dei processi. Strumenti software a supporto della gestione dei processi e linguaggi di modellazione dei processi. (2 ore)

Business Process Management, Key Performance Indicators e cruscotti direzionali. (2 ore)

#### Parte terza (totale 36 ore)

Questa parte offre i concetti fondamentali e gli strumenti per la gestione dei progetti. In particolare, si tratteranno:

Definizione di progetto e di gestione di progetto (2 ore)

Fasi e ciclo di vita di un progetto, Project Management System (2 ore)

Quadro metodologico e organizzativo della gestione per progetti (2 ore)

Stakeholders di progetto e influenze organizzative e socio-economiche (6 ore)

Gestione dello "Scope" di progetto, documentazione e analisi dei requisiti, Work Breakdown Structure (6 ore)

Gestione temporale dei progetti (sequenze di attività, schedulazione delle attività con GANTT, CPM, PDM / PERT) (5 ore)

Gestione economica ed organizzativa dei progetti (pianificazione e gestione delle risorse, cost baseline, budget di progetto, sistemi di controllo dell'avanzamento) (6 ore)

Gestione della qualità e dei rischi dei progetti (5 ore)

Gestione della comunicazione (2 ore).

### Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

L'insegnamento si basa su:

- Lezioni frontali interattive che prevedono anche domande poste dal docente per stimolare la riflessione sugli argomenti trattati (36 ore).

- Assegnazione di letture integrative per lo studio individuale (dispense) e successiva discussione in aula (tempo di studio libero, tempo di discussione 5 ore).
- Esercitazioni individuali su temi specifici con discussione in aula (5 ore).
- Impostazione di un progetto per ciascuno studente, a sua scelta, che sarà sviluppato durante tutto il periodo delle lezioni, come esercitazione pratica individuale, da svolgere fuori dall'orario delle lezioni, per sperimentare l'applicazione di quanto studiato, di volta in volta, durante le lezioni, con discussione in aula della documentazione prodotta ( discussione in aula 12 ore).
- Lavoro di gruppo (gioco di ruoli) sulla simulazione di un periodo breve di un progetto reale come esperienza del teamwork di progetto e della resilienza (2 ore).

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La valutazione dell'apprendimento si basa su:

- Partecipazione attiva durante le lezioni;
- Esercitazioni assegnate da svolgere in modo autonomo e successivamente da discutere a lezione, volte ad accertare la capacità di lavoro individuale applicando i concetti, i metodi e gli strumenti appresi;
- Partecipazione ad una simulazione di progetto da svolgere in gruppo, volta ad accertare la capacità di collaborazione, mettendo in pratica le nozioni e le indicazioni apprese;
- Una prova orale finale volta ad accertare la conoscenza della teoria e degli strumenti appresi.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

I punteggi saranno attribuiti nel seguente modo:

- prova orale finale sulla Parte prima: 33/100;
- prova orale finale sulla Parte seconda: 17/100;
- prova orale finale sulla Parte terza: 50/100;
- esercitazioni individuali e di gruppo svolte durante il corso: 1/30.

Il voto finale sarà ricalcolato per essere espresso in trentesimi.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna propedeuticità.

Si ritiene utile la conoscenza di economia e organizzazione aziendale.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense e Slide delle lezioni

Consigliato come riferimento per la parte terza:

Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Sixth ed. - PMI

# TERMODINAMICA APPLICATA ALL'INGEGNERIA

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD):</b>	ING-IND/24
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	3° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60
<b>Docenti</b>	Luisa Di Paola

## Obiettivi formativi specifici

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 industriale. 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 industriale 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.

## Risultati di apprendimento specifici

Lo studente alla fine del corso deve mostrare autonomia di giudizio nella modellazione dei problemi d'interesse del corso, utilizzando gli strumenti forniti dal corso ed attraverso gli strumenti matematici già acquisiti nel corso di studi. In particolare, lo studente deve sviluppare la capacità di astrazione necessaria alla risoluzione dei problemi pratici e nella traduzione delle proprietà dei sistemi in variabili matematiche tra loro legate attraverso relazioni funzionali derivanti dall'applicazione dei principi e modelli oggetti del corso.

Inoltre, lo studente deve acquisire gli strumenti per comunicare efficacemente la risoluzione dei problemi pratici proposti.

## Programma

Bilanci di materia e di energia. Grandezze di stato. Proprietà volumetriche dei fluidi puri e delle miscele (10 h).  
Potenziali termodinamici: fugacità, attività e coefficienti di attività. Condizioni termodinamiche di equilibrio (20 h).

Equilibrio liquido-liquido: condizioni di smescolamento. Previsione delle composizioni delle fasi all'equilibrio (10 h).

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 (15 h).

Equilibrio gas liquido: riferimento di Henry per il componente supercritico. Solubilità di liquidi in gas: umidità (5 h).

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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 industriale.

Nella seconda parte del corso che tratta proprio dei modelli termodinamici dei processi di separazione e degli equilibri di fase, 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 (max 5 partecipanti, risoluzione di problemi pratici) e dalla successiva discussione in classe dei risultati ottenuti.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La prova di verifica si articola nello svolgimento di una prova scritta (durata di 2 ore), consistente nella soluzione di un paio di problemi da svolgere numericamente, ed in una prova orale.

La prova orale (la cui durata è di circa un'ora) consiste nella discussione con i membri della commissione di due problemi pratici la cui risoluzione richiede l'applicazione dei principi e metodi acquisiti attraverso il corso.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

L'esame scritto ed orale contribuiscono entrambi al 50% alla determinazione finale del voto. La valutazione della capacità di elaborazione di ogni singolo problema (elaborato scritto e discussione orale) pesa per il 25% del voto finale. 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.

### **Propedeuticità**

Il corso non prevede propedeuticità.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

S.I. Sandler - Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics. John Wiley&Sons (2006)

L.Marrelli - Termodinamica degli equilibri di fasi fluide. Ed. Efestò (2017)

Dispense del docente ed esercizi risolti, disponibili sulla piattaforma di elearning e attraverso cloud sharing opportunamente predisposto dal docente

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Biomedica**



## **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.

## 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" 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.

## OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NELL'A.A. 2021/2022

INSEGNAMENTI COMUNI A TUTTI GLI STUDENTI I ANNO									
SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
	18	Meccatronica per i Sistemi Biomedicali							annuale
ING-IND/34			Meccatronica per i Sistemi Biomedicali (Mod.A)	lezione	italiano	9	72	2021/2022	I
ING-IND/34			Meccatronica per i Sistemi Biomedicali (Mod. B)	lezione	italiano	9	72	2021/2022	II
ING-IND/34	15	Robotica Industriale e Medica	Robotica Industriale e Medica	lezione	italiano	15	120	2021/2022	annuale
	9	Misure e Strumentazione per la diagnostica Clinica (c.i.)							
ING-IND/12			Misure e Strumentazione Biomedica	lezione	italiano	6	48	2021/2022	I
MED/43			Etica Biomedica	lezione	italiano	3	24	2021/2022	I
ING-INF/05	6	Elaborazione dei Segnali Digitali e delle Immagini	Elaborazione dei Segnali Digitali e delle Immagini	lezione	italiano	6	48	2021/2022	I
L-LIN/12	3	Inglese Generale	Inglese Generale	lezione	italiano	3	24	2021/2022	I
INSEGNAMENTI COMUNI A TUTTI GLI STUDENTI II ANNO									
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	2022/2023	I
FIS/02	9	Dinamica dei Sistemi Complessi	Dinamica dei Sistemi Complessi	lezione	italiano	9	72	2022/2023	I
ING-IND/34	6	Biodesign	Biodesign	lezione	italiano	6	48	2022/2023	I
	12	Prova finale			italiano	12			

<b>CURRICULUM A - SISTEMI DI EHEALTH</b>									
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	2021/2022	II
ING-INF/05	6	Informatica per Sistemi Embedded	Informatica per Sistemi Embedded	lezione	italiano	6	48	2021/2022	I
ING-INF/01	6	Elettronica e Sensori per Applicazioni Biomediche	Elettronica e Sensori per Applicazioni Biomediche	lezione	italiano	6	48	2021/2022	I
INF-INF/05	6	IoT System Design	IoT System Design	lezione	italiano	6	48	2021/2022	II

<b>CURRICULUM B - BIOROBOTICA E ERGONOMIA</b>									
<b>(lo studente deve frequentare in totale 4 insegnamenti curriculari, gli insegnamenti contrassegnati da * sono tra loro alternativi)</b>									
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	2021/2022	II
ING-INF/04	6	Automazione e Sicurezza di Ambienti di Lavoro	Automazione e Sicurezza di Ambienti di Lavoro	lezione	italiano	6	48	2022/2023	I
ING-IND/34	6	Bionic System and Neuroengineering *	Bionic System and Neuroengineering	lezione	inglese	6	48	2022/2023	II
ING-IND/34	6	Biorobotics *	Biorobotics	lezione	inglese	6	48	2022/2023	II
ING-IND/34	6	Bioingegneria e biomeccanica del movimento umano *	Bioingegneria e biomeccanica del movimento umano	lezione	italiano	6	48	2022/2023	II

<b>CURRICULUM C - INGEGNERIA CLINICA</b>									
<b>(lo studente deve frequentare in totale 4 insegnamenti curriculari, gli insegnamenti contrassegnati da * sono tra loro alternativi)</b>									
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	2021/2022	II
ING-IND/12	6	Collaudi e Verifiche Funzionali di Apparecchiature Elettromedicali	Collaudi e Verifiche Funzionali di Apparecchiature Elettromedicali	lezione	italiano	6	48	2022/2023	I
	6	Impianti Ospedalieri *							
ING-IND/10			Impianti Ospedalieri (Mod. A)	lezione	italiano	3	24	2022/2023	II
ING-IND/33			Impianti Ospedalieri (Mod. B)	lezione	italiano	3	24	2022/2023	II
ING-INF/05	6	Telematic Applications *	Telematic Applications	lezione	inglese	6	48	2022/2023	I

<b>CURRICULUM D - NANOTECNOLOGIE E SISTEMI BIOARTIFICIALI</b>									
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	2021/2022	II
ICAR/08	6	Mechanics of Biological Systems	Mechanics of Biological Systems	lezione	inglese	6	48	2022/2023	I
ING-IND/34	6	Bionic Systems and Neuroengineering	Bionic Systems and Neuroengineering	lezione	inglese	6	48	2022/2023	II
ING-IND/34	6	Biomicrosistemi	Biomicrosistemi	lezione	italiano	6	48	2022/2023	II

<b>INSEGNAMENTI A SCELTA DELLO STUDENTE (per un totale di 12 CFU al II anno)</b>									
SSD	CFU corso	Corso	Modulo	Tipo attività	Lingua	CFU modulo	Ore attività	anno accademico	Semestre
ING-IND/34		Biomedical Research and Innovation Management and Assessment	Biomedical Research and Innovation Management and Assessment	lezione	inglese	6	48	2022/2023	II
ING-IND/34	6	Biomateriali per Impianti Protetici	Biomateriali per Impianti Protetici	lezione	italiano	6	48	2022/2023	II
ING-IND/24	6	Ingegneria Chimica degli Organi Artificiali	Ingegneria Chimica degli Organi Artificiali	lezione	italiano	6	48	2022/2023	II
ING-INF/05	6	Machine Learning & Big Data Analytics	Machine Learning & Big Data Analytics	lezione	italiano	6	48	2022/2023	II
ING-IND/34	6	Tissue Engineering	Tissue Engineering	lezione	inglese	6	48	2022/2023	II
	6	Valutazione del rischio ed elementi di diritto							
ING-IND/33			Valutazione del Rischio (Mod. A)	lezione	italiano	2	16	2022/2023	II
ING-IND/33			Valutazione del Rischio (Mod. B)	lezione	italiano	2	16	2022/2023	II
IUS/07			Elementi di Diritto	lezione	italiano	2	16	2022/2023	II
ING-INF/04	6	Cyber Security per Operational Technologies	Cyber Security per Operational Technologies	lezione	italiano	6	48	2022/2023	II
	6	Insegnamento curriculare (di curriculum diverso da quello optato dallo studente)		lezione	italiano	6	48	2022/2023	I o II

N.B. L'offerta formativa sopra riportata è rivolta agli studenti che si immatricolano nell'a.a. 2021/2022. 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
<b>I semestre</b>	<b>Didattica frontale</b> (Solo per il 1° anno) dal 25 ottobre 2021 al 22 dicembre 2021 (Per il 2° anno) dal 20 settembre 2021 al 22 dicembre 2021	<b>1ª sessione ordinaria</b> dal 10 gennaio 2022 al 05 marzo 2022	<b>Vacanze di Natale *</b> dal 23 dicembre 2021 al 08 gennaio 2022
<b>II semestre</b>	Didattica frontale Dal 1° marzo 2022 Al 1° giugno 2022	<b>2ª sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2022 al 30 luglio 2022  <b>3ª sessione ordinaria</b> dal 25 agosto 2022 al 1° ottobre 2022	<b>Vacanze di Pasqua *</b> dal 14 aprile 2022 al 19 aprile 2022

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

Per l'A.A. 2021-2022 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1° Novembre 2021

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2021

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2022

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2022

Festa del lavoro: 1° maggio 2022

Festa della Repubblica: 2 giugno 2022

Festa di San Josemaria Escrivà de Balaguer: 26 Giugno 2022

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2022

### SESSIONI DI LAUREA

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

**Sessione estiva:** dal 15 giugno al 30 luglio 2022

**Sessione autunnale** dal 1° ottobre al 30 novembre 2022

**Sessione invernale** dal 1° al 20 dicembre 2022

**Sessione straordinaria:** dal 6 febbraio al 12 maggio 2023

## 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 2021/2022; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2020/2021, 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.2021/2022*) devi effettuare la scelta del curriculum nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà (per gli studenti che si laureano nel mese di febbraio 2022, sarà prevista un'ulteriore finestra temporale per la scelta del curriculum, definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà).

La scelta degli esami opzionali da inserire nel piano di studi, dovrà essere invece effettuata alla fine del II semestre del I anno, nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà.

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, 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 a cui lo studente intende partecipare, presentare al Rettore domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tale domanda dovrà essere presentata su apposito modulo predisposto dalla Segreteria Studenti e disponibili on-line. La domanda dovrà
- **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 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); 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>– termociclature 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 9 alle 19</p> <p>Il laboratorio è dotato di postazioni di lavoro per un massimo di 45, ridotto a 30 per garantire il rispetto delle distanze di sicurezza prescritte dalle disposizioni in materia di prevenzione e diffusione del virus Covid-19</p>

## **SCHEDE DEGLI INSEGNAMENTI (in ordine alfabetico)**

*Le schede di seguito riportate si riferiscono ad insegnamenti erogati nell'a.a.2021/2022 per studenti del I e II anno*

**COMUNICAZIONE:** i metodi didattici e di verifica dell'apprendimento riportati nelle schede degli insegnamenti del Corso di Studio potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate

### **AUTOMATIC CONTROL**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** Ing-Inf/04

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2021/2022

**Lingua di insegnamento** Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 48

**Docente** Gabriele Oliva

#### **Obiettivi formativi specifici**

Acquisire conoscenza e capacità di comprensione relativamente a strumenti metodologici per la progettazione di algoritmi di controllo moderno e multi-variabile, lo sviluppo di algoritmi distribuiti ed il controllo mediante sistemi basati su regole fuzzy.

Acquisire capacità pratica di progettazione di algoritmi di controllo ed algoritmi distribuiti, 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.

#### **Risultati di apprendimento specifici:**

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, lo sviluppo di algoritmi distribuiti ed il controllo mediante sistemi basati su regole fuzzy.

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

Capacità pratica di progettazione di algoritmi di controllo ed algoritmi distribuiti, 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.

## **Programma**

Il corso è impartito esclusivamente in lingua inglese ed è articolato in 4 unità concettuali, riportate di seguito.

### **1) Il controllo nello spazio di stato (30%)**

Sistemi di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Rappresentazione ed analisi dei sistemi mediante spazio di stato. Discretizzazione di un sistema tempo continuo

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.

### **2) Filtraggio e ricostruzione dello stato (30%)**

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.

Implementazione di algoritmi di stima e di controllo tramite calcolatore e/o microcontrollore.

### **3) Sistemi Distribuiti (25%)**

Introduzione ai sistemi distribuiti ed ai grafi

Algoritmi di consenso distribuito

Algoritmi di formation control

Algoritmi asincroni distribuiti basati sul protocollo Gossip

Implementazione di algoritmi distribuiti tramite computer e/o microcontrollore.

### **4) Controllo fuzzy (15%)**

Introduzione alle tecniche di soft-computing ed applicazione al controllo. Elementi di Logica fuzzy.

Sistemi Esperti Fuzzy: Motori inferenziali, regole, Sistemi Mamdani e TakagiSugeno-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 microcontrollore.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (60%). Esercitazioni alla lavagna, con il calcolatore e con microcontrollori Intel Galileo Gen 2, Arduino o simili (40%).

## **Metodi e criteri di valutazione 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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:**

Il voto è composto per il 20% dalla valutazione del progetto e per l'80% dalla valutazione del colloquio orale. Il colloquio orale si struttura in due-tre domande teoriche (es., dimostrazioni o presentazione di schemi di controllo) o pratiche (es. esercizi).

## **Propedeuticità**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Elementi basilari di Teoria del Controllo (Fondamenti di Automatica)

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense fornite dal 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, McGrawwHill, 2004.

## AUTOMAZIONE E SICUREZZA DI AMBIENTI DI LAVORO

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/04
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48 ore
<b>Docenti</b>	Roberto Setola Fabio Pera

### Obiettivi formativi specifici

Il corso ha l'obiettivo di illustrare come impiegare soluzioni automatizzate per migliorare il confort e la sicurezza degli ambienti di lavoro in un contesto di Safety 4.0. Nell'ambito del corso verranno illustrate le metodologie per il monitoraggio dell'ambiente di lavoro e dello stato di benessere del lavoratore. Il corso si caratterizza per un approccio integrato " Cyber-Physical Human Systems " dove la componente fisica e quella informatica vengono progettate unitariamente e tenendo conto della centralità dell'operatore umano. 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

### Risultati di apprendimento specifici:

#### Conoscenza e capacità di comprensione:

Conoscenza e comprensione dei potenziali rischi e pericoli per la sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro e delle principali metodiche e soluzioni automatizzate che possono contribuire a ridurre tali pericoli e ad aumentare il benessere di chi lavora.

#### Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Capacità di progettare e implementare semplici soluzioni di monitoraggio in grado di ridurre il rischio di incidenti in ambienti lavorativi.

#### Autonomia di giudizio

Capacità di stimare rischi e pericoli sui luoghi di lavoro. Sviluppo di capacità di analisi critica rispetto alle problematiche di sicurezza.

#### Abilità comunicative

Il corso favorisce lo sviluppo della capacità del discente lavorare in team attraverso lo svolgimento di un lavoro di gruppo mirato alla progettazione di una semplice soluzione di monitoraggio, impiegabile in scenari lavorativi reali.

Sviluppo delle capacità di comunicazione, sintesi e chiarezza espositiva tramite l'elaborazione di una presentazione finale mirata all'esposizione del lavoro svolto.

#### Capacità di apprendere

Il corso mira a rendere produttiva la frequenza del discente alle lezioni ed esercitazioni pratiche attraverso il coinvolgimento attivo degli studenti durante le lezioni nella gestione dei problemi e situazioni a difficoltà crescente.

## **Programma**

### **I parte (14 ore)**

Elementi di analisi e gestione del rischio in ambienti di lavoro, modelli di organizzazione e di gestione della sicurezza, misure di sicurezza.

### **II parte (14 ore)**

Sistemi di monitoraggio dello stato di benessere del lavoratore, tecnologie IoT/IIoT a supporto della sicurezza degli operatori in ambienti complessi, soluzioni tecnologiche attive per la prevenzione degli infortuni, soluzioni tecnologiche per il monitoraggio delle attività e il tracciamento dei lavoratori indoor ed outdoor.

### **III parte (20 ore)**

Introduzione ai sistemi ad eventi e loro modellistica. Elementi di data fusion e situation awareness, cenni al concetto di osservatore e Filtro di Kalman, tecniche di fault detection Sistemi di monitoraggio industriali e Digitl Twin.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali anche con presentazioni elettroniche (50% delle attività);

Esercitazioni progettuali che coinvolgono gli studenti (40% delle attività);

Seminari svolti da esperti industriali (10% delle attività);

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'accertamento dell'apprendimento si basa su una procedura che prevede 2 fasi:

Esposizione e discussione dell'elaborato progettuale risultato dal lavoro di gruppo. In questa fase verranno valutate anche la chiarezza di esposizione, la capacità comunicativa e la pertinenza delle risposte alle domande teoriche. Lo sviluppo della soluzione progettuale incoraggia l'utilizzo e l'approfondimento delle competenze tecnologiche e metodologiche apprese durante il corso e riguarderà un argomento a scelta tra:

Progettazione ed implementazione di un sistema di monitoraggio automatico di un impianto industriale in grado di mostrarne lo stato di salute e valutare l'insorgere di situazioni potenzialmente pericolose per il lavoratore.

Progettazione ed implementazione di una soluzione per la gestione della sicurezza attraverso l'utilizzo di sensori ambientali e/o sensori indossabili. Il sistema progettato dovrà essere in grado di stimare lo stato di salute del lavoratore e valutare il rischio legato alle attività compiute.

Un colloquio orale volto a verificare la comprensione da parte dello studente dei fondamenti teorici alla base delle diverse scelte progettuali e la capacità critica nella valutazione dei rischi e delle eventuali problematiche legate all'utilizzo di specifiche soluzioni tecnologiche. A tal fine ciascun membro della commissione di esame chiederà allo studente di illustrare un aspetto connesso con gli argomenti presentati durante il corso.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Per la valutazione finale si effettuerà una media ponderata fra la valutazione dell'elaborato progettuale (peso 67%) e la prova orale (peso 33%). La lode è assegnata dalla commissione a quei candidati che raggiungono il punteggio massimo e che abbiano dimostrato nell'ambito dello svolgimento dell'elaborato progettuale ovvero durante la prova orale una particolare e dettagliata conoscenza e comprensione di argomenti del corso

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Materiale fornito dal docente

P. Chiacchio, F. Basile, "Tecnologie informatiche per l'automazione", McGraw-Hill, 2004.

P. Cerrani, "Guida essenziale alla sicurezza di macchine e impianti", Tecniche Nuove; 1 edizione

E. Koç, "Internet of Things Applications for Enterprise Productivity", Business Science Reference

## **BIODESIGN**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING/IND 34

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 48 ORE

**Docente** Fabrizio Taffoni

## **Obiettivi formativi specifici**

Il corso di Biodesign mira a rendere lo studente in grado di: 1) analizzare criticamente un problema per derivarne specifiche progettuali dei domini componenti; 2) generare concept di possibili soluzioni per valutarne la migliore; 3) produrre reportistica tecnica che documenti la soluzione progettuale scelta; (iv) lavorare in gruppo a un problema complesso con vincoli di tempo e di budget.

Accanto alle conoscenze teoriche lo studente maturerà competenze pratica relative all'uso di strumenti software di CAD elettronico e meccanico.

## **Risultati di apprendimento specifici:**

Alla fine del corso gli studenti avranno maturato i seguenti obiettivi specifici:

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscenza e comprensione dei principali domini applicativi in cui può essere scomposto un problema tecnico (meccanico, elettronico ed informatico) per organizzare il lavoro di progettazione in task elementari da affrontare secondo i principi della concurrent engineering.
- Conoscenza e capacità di comprensione applicate: capacità di identificare variabili e parametri progettuali di un problema espresso in termini generici per definire le specifiche funzionali e tecniche dei sotto-domini componenti: meccanico, elettronico ed informatico. Capacità di identificare e selezionare componentistica elettronica e meccanica dai principali motori di ricerca tecnica. Capacità di redigere una Bill of Material (BoM).
- Autonomia di giudizio: lo studente apprenderà un metodo per formulare una decisione progettuale sulla base di informazioni limitate o incomplete
- Abilità comunicative: lo studente apprenderà a comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità le sue scelte progettuali, nonché le conoscenze e la ratio ad esse sottese, a interlocutori specialisti e non specialisti;
- Capacità di apprendere: Lo studente apprenderà come leggere in maniera critica un datasheet per selezionare in autonomia componenti meccanici ed elettronici utili alla soluzione del problema posto

## **Programma**

Il corso sarà organizzato in 3 PARTI:

### **PARTE 1 (2 CFU)**

Introduzione alla progettazione ingegneristica, presentazione del problema, definizione dei requisiti e delle specifiche del sistema; richiami di teoria

- a) Definizione di progettazione in campo ingegneristico.
- b) Presentazione del problema e definizione delle specifiche funzionali
- c) Richiami di elettronica e di teoria dei segnali: condizionamento ed acquisizione del segnale

### **PARTE 2 (2 CFU)**

Presentazione degli strumenti di sviluppo (elettronico, meccanico) e integrazione software (programmazione modulare)

- a) CAD Eagle e progettazione di semplici schede elettroniche per il condizionamento del segnale e produzione documentazione
- b) CAD Onshape e introduzione alla simulazione statica e produzione documentazione.
- c) Programmazione modulare di sistemi embedded: gestione e creazione librerie per il controllo di basso livello, organizzazione del codice e produzione documentazione

### **PARTE 3 (2 CFU)**

Sviluppo e simulazione del prototipo con preparazione della relazione finale.

- a) Progettazione e simulazione del modulo meccanico
- b) Progettazione e simulazione del modulo elettrico
- c) Integrazione software.
- d) Produzione report

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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 di cui si identificheranno 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 del tutor

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Il corso di Biodesign prevede la verifica dell'apprendimento per una attività didattica complessiva pari a 6 CFU legati ad aspetti tecnici di progettazione.

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.

In parallelo, ciascun gruppo lavorerà alla progettazione di un prototipo producendo un report progettuale del lavoro svolto.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale del corso, espresso in trentesimi (da 1 a 31), sarà la media pesata delle seguenti voci:

- il lavoro del gruppo (peso 1/3): attraverso la valutazione tecnica delle relazioni presentate
- contributo individuale (peso 2/3): attraverso prova pratica in itinere, ed esame orale finale

La lode verrà conferita a tutti quegli studenti il cui voto finale supera la soglia di 30,5 (senza arrotondamento) e con parere unanime della commissione giudicante.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti:

Meccatronica

Macchine e meccanica applicate alle macchine (livello elementare)

Linguaggio di programmazione C (livello elementare)

Livello minimo di Inglese B1

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense e manuali forniti dal docente.

## **BIOINGEGNERIA E BIOMECCANICA DEL MOVIMENTO UMANO**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING/IND34

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      48

**Docenti**      Francesca Cordella  
Fabrizio Taffoni

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso si propone di introdurre al settore della Bioingegneria e della Biomeccanica del Movimento Umano, con particolare riferimento al distretto della mano. Si forniranno allo studente: i) solide conoscenze teoriche sull'analisi cinematica, sullo studio delle forze di interazione, sui metodi di stima della posa, sulle tecniche di apprendimento per lo studio della biomeccanica umana e sull'utilizzo di tecnologie di rapid prototyping; ii) basi pratiche per l'analisi della biomeccanica del movimento; iii) competenze pratiche sull'utilizzo degli strumenti e delle tecnologie di rapid prototyping. Gli argomenti teorici saranno quindi affiancati da attività sperimentali che avranno l'obiettivo di applicare gli aspetti teorici a casi pratici.

## **Risultati di apprendimento specifici**

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

Principi alla base della bioingegneria e della biomeccanica del movimento, delle metodiche di analisi e modellazione

Strumenti software di ausilio all'analisi biomeccanica

Possibilità e limiti delle tecnologie di additive manufacturing.

Comprendere gli strumenti software ed il flusso di lavoro alla base dell'additive manufacturing e della personal fabrication.

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

Capacità di applicare metodi e strumenti di meccanica, intelligenza artificiale, visione, teoria dei sistemi all'analisi del movimento umano.

Capacità di analizzare e replicare con metodiche FFF/FDM sistemi protesici personalizzati.

Capacità di utilizzare gli strumenti software di analisi del movimento umano.

### **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 attività sperimentali svolte durante l'intero corso.

### **Abilità comunicative**

Si porterà lo studente a sviluppare abilità relative alla sfera comunicativa e delle soft-skill necessarie a lavorare in team. Tale obiettivo sarà perseguito: i) cercando di promuovere il coinvolgimento proattivo degli studenti durante le ore di didattica frontale, ii) attraverso la conduzione di attività di gruppo tese allo svolgimento di attività progettuali; iii) tramite report delle attività sperimentali (attraverso slide e brevi presentazioni di gruppo).

### **Capacità di apprendere**

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 il trasferimento dei concetti appresi ad ambiti pratici specifici, per consentire lo sviluppo della capacità di applicare e contestualizzare metodi e nozioni.

## **Programma**

### Introduzione (4 ore):

Introduzione alla bioingegneria

Introduzione alla biomeccanica del movimento umano

### Sistemi e tecniche per l'analisi del movimento (10 ore)

I sistemi di visione (sistemi optoelettronici e telecamere RGB-D)

Il processo di calibrazione

Metodi di stima della posa e tecniche di ottimizzazione (filtri di Kalman, funzionali di costo)

Tecniche di apprendimento per lo studio della biomeccanica umana

### Valutazione motoria della mano umana (8 ore)

La mano umana

Anatomia e proprietà funzionali

Modelli biomeccanici della mano umana

Centri e assi di rotazione

Indici di performance

### Controllo sensori-motorio (8 ore)

Teorie sul controllo e l'apprendimento motorio

Problema della ridondanza

Sinergie cinematiche

### Tecnologie di Manifattura Additiva (8 ore):

Processi produttivi convenzionali e processi di manifattura additiva

Introduzione alle Tecnologie di Additive Manufacturing

Tecnologia FDM/FFF slicer e parametri di stampa

Sintesi cinematica grafica e protesica custom

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (38 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso.

Lezioni pratiche in laboratorio (10 ore) per l'impiego degli strumenti teorico-applicativi analizzati (MATLAB CURA; GIM).

Progetti di gruppo nei quali gli studenti metteranno in pratica gli insegnamenti appresi durante le lezioni frontali e le lezioni pratiche in laboratorio. I gruppi saranno composti da 5-6 studenti e dovranno occuparsi dell'integrazione dei moduli presentati durante il corso.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

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

- prova orale su argomenti trattati durante il corso. La verifica sarà basata sulla presentazione tramite slide del lavoro sperimentale svolto e sulla risposta a quesiti posti su argomenti teorici e pratici.
- presentazione di progettini che prevedono l'integrazione software e hardware dei moduli presentati durante il corso.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione finale dello studente verrà attribuita tramite una media pesata dei voti del progettino e della presentazione dell'attività sperimentale (25%) e del colloquio orale (75%). La lode viene attribuita agli studenti che abbiano conseguito il punteggio massimo su tutte le prove (progetto e colloquio) con un punteggio finale superiore a 30/30.

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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense messe a disposizione dal docente

## **BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/34
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno – 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48 ore
<b>Docente</b>	Prof. Eugenio Guglielmelli

### **Obiettivi formativi specifici**

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;

Principali metodologie per la modellazione della componente umana e per la allocazione funzionale in relazione alla cooperazione e interazione uomo-tecnologia per l'uso di ausili tecnologici;

Principali soluzioni tecnologiche per la riabilitazione assistita e per il supporto al reinserimento sociale e lavorativo e alla vita indipendente.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Metodi e strumenti per la progettazione biomeccatronica e centrata sulla persona di strumenti tecnologici che la bioingegneria può offrire durante il percorso riabilitativo moderno per il massimo 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.

#### **Capacità di applicare conoscenze e comprensione**

Saper utilizzare alcuni strumenti operativi per la modellazione e la valutazione delle prestazioni umane e per l'allocazione dei rispettivi ruoli nella cooperazione e interazione uomo-tecnologia

Saper usare strumenti tecnologici forniti dalla bioingegneria per il pieno recupero della vita sociale e lavorativa di pazienti con patologie che riducono le abilità umane.

Saper analizzare criticamente e comprendere il funzionamento e il rationale della progettazione, sviluppo e applicazione 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.

### **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.

### **Programma**

Cenni sugli aspetti clinici legati alla riabilitazione ed agli ausili (0.5 CFU)

Fattori umani per la bioingegneria della riabilitazione e dell'assistenza (0.5 CFU)

Introduzione agli ausili e alle tecnologie per l'assistenza personale: definizioni, stato dell'arte (0.5 CFU)

Tecnologie per assistenza di persone con disabilità (1 CFU)

Modelli per l'interazione tra ausilio, utente, attività e contesto (1 CFU)

Interfacce di controllo per tecnologie per l'assistenza personale (1 CFU)

Interfacce per ausili: caratteristiche generali, criteri di selezione dell'interfaccia, rassegna delle tipologie principali (0.5 CFU)

Esempi e casi di studio di tecnologie per la terapia riabilitativa assistita, per la mobilità personale, di ausilio alla manipolazione e al controllo ambientale. (1 CFU)

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

Seminari a cura di esperti del settore.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze apprese durante il corso saranno valutate tramite un esame comprendente una prova scritta e, in caso di esito positivo, da una prova orale.

La prova scritta della durata di 45 minuti sarà composta da una domanda aperta e da 9 a risposta multipla sul programma del corso.

L'esame orale consisterà nella discussione dello scritto e in una domanda aperta.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto della prova scritta è così definito: 3 punti per ogni risposta corretta, 0 per ogni risposta mancata oppure errata. L'esame scritto è considerato superato se il voto è maggiore o uguale a 15/30.

L'esame orale permetterà di modificare il voto dello scritto di + o - 5 punti.

La lode viene concessa agli studenti che abbiano i) risposto correttamente alla domanda orale e ii) fornito risposte corrette, sintetiche ed esaustive alle domande della prova scritta.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Esami consigliati: Meccatronica per i sistemi biomedicali, Robotica Medica ed Industriale

### **Materiale didattico utilizzato:**

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.

Copia delle presentazioni usate nelle lezioni frontali, articoli scientifici e dispense forniti dal docente.

I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

### **Materiale didattico consigliato:**

Articoli scientifici di approfondimento di temi e/o casi studio forniti dal docente e dai tutor.

I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

## **BIOMATERIALI PER IMPIANTI PROTESICI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnament**      ITALIANO

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      CFU

**Numero di ore di attività didattica**      8 ore

**Docenti**      Alberto Rainer

### **Obiettivi formativi specifici**

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. Obiettivo del corso è di fornire una panoramica dei principali biomateriali e della loro applicazione in differenti dispositivi impiantabili.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Conoscenza dei fondamenti teorico-scientifici delle proprietà e delle caratteristiche dei biomateriali

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

Capacità di applicare le conoscenze apprese nella corretta scelta dei materiali per impieghi in campo biomedico

#### **Autonomia di giudizio:**

Capacità di effettuare in modo autonomo la valutazione dei requisiti per l'impiego di biomateriali

### **Abilità comunicative:**

Capacità di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico

### **Capacità di apprendere:**

Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

## **Programma**

Aspetti generali (10h): scienza dei biomateriali: definizione, applicazioni, sviluppi. Biocompatibilità: requisiti dei biomateriali, interazioni biomateriale-cellula, processi di integrazione e di fallimento, impianti ed infezione.

Biomateriali e proprietà (18h): proprietà 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 (20h): Protesi ortopediche, vascolari, valvole cardiache, impianti per la chirurgia plastica e ricostruttiva.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (40 ore) che introducono gli argomenti del corso e che includono da “case study” per l'applicazione dei contenuti a specifici problemi di progettazione, quali ad esempio le protesi ortopediche, vascolari, valvolari, etc. Le lezioni frontali sono integrate da seminari (8 ore) svolti da professionisti aziendali operanti nell'ambito degli impianti protesici.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta a stimolo chiuso (3 domande) con risposta aperta della durata di 2 ore

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Per superare l'esame con un voto prossimo a 18/30, lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza sufficiente dei principali biomateriali e di essere in grado di descriverne l'applicazione nelle principali categorie di dispositivi impiantabili.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente.

## **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali sono considerate molto utili.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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 del programma, sarà anche fornito un elenco di testi consigliati per un approfondimento individuale da parte degli studenti.

## **BIOMEDICAL RESEARCH AND INNOVATION MANAGEMENT AND ASSESSMENT**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/34
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° Ciclo Semestrale
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Eugenio Guglielmelli

### **Obiettivi formativi specifici**

Fornire allo studente le conoscenze di base riguardanti:

- il processo di ricerca e sviluppo di un nuovo prodotto, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- l'innovazione tecnologica, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- la pianificazione e la gestione dei progetti di ricerca;
- la protezione della proprietà intellettuale;
- le procedure di sperimentazione clinica e di marcatura CE di una nuova tecnologia in ambito biomedicale.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Le conoscenze acquisite permetteranno allo studente di sviluppare capacità di comprensione di base e applicate delle principali problematiche relative alla gestione della ricerca e dell'innovazione in campo sanitario e biomedicale. Questo consentirà allo studente di maturare un'autonomia di giudizio dei diversi casi studiati 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.

Tali conoscenze saranno, inoltre, propedeutiche all'introduzione alla disciplina dell'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.

#### **Capacità di applicare conoscenze e comprensione**

Saper utilizzare alcuni degli strumenti operativi e metodiche avanzate analizzate a lezione per valutare il potenziale innovativo di tecnologie biomedicali e gestire attività di ricerca correlate.

#### **Autonomia di giudizio**

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di i) esempi e applicazioni riguardanti i temi introdotti durante le lezioni frontali a ii) casi studio di dispositivi medici e altre tecnologie a supporto dell'innovazione radicale e incrementale nel campo della medicina e della salute in generale.

## **Capacità di apprendere**

Lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi nell'ambito della ricerca e innovazione in campo biomedico 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.

## **Programma**

Il corso, tramite lezioni frontali e tutorati/esercitazioni, è focalizzato sull'apprendimento:

- delle principali definizioni e classificazioni nel campo della ricerca e dell'innovazione tecnologica, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- delle fasi di sviluppo e del ciclo di vita di un prodotto, con particolare riferimento al settore biomedicale;
- dei metodi e degli strumenti di base per la pianificazione e la gestione di programmi di ricerca e innovazione, anche in campo clinico;
- 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).

Durante il corso sarà affrontato lo studio di elementi di economia e gestione sanitaria e di metodologie per l'analisi economica delle tecnologie biomediche, 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).

Infine, durante il corso saranno esaminati casi di studio presentati da rappresentanti di: 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, MASMEC e altre; iii) spin-off UCBM e altre aziende start-up nel settore biomedicale.

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, presso l'Area Ricerca (Knowledge Transfer Office, Grant Office) o presso il Policlinico Universitario dell'Università Campus Bio-Medico di Roma.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (5 CFU = 40 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso. Esercitazioni, seminari, anche di esperti del settore, e tutorati (1 CFU = 10 ore) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici e casi di studio.

## **Metodi e criteri di valutazione 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: 15/30). 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 o per ogni risposta errata. L'esame scritto è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 15/30. La domanda

a risposta aperta sarà valutata sulla base della correttezza, completezza e capacità di sintesi ed assegna un punteggio compreso tra 0 e 3.

La prova orale consentirà di variare di  $\pm 5$  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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

#### **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., Stevens R. J., Turchetti G., "Marketing per la Sanità, logiche e strumenti", Mc GrawHill, 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

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 2° Ciclo Semestrale

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 48 h

**Docente** Sara Maria Giannitelli

### Obiettivi formativi specifici

L'insegnamento si propone di fornire gli strumenti teorici e tecnologici per la corretta progettazione e realizzazione di dispositivi microfabbricati.

Il corso affronta tematiche di frontiera con un approccio fortemente interdisciplinare e un costante riferimento ai più recenti risultati di ricerca a livello internazionale.

### Risultati di apprendimento specifici:

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: (i) strumenti teorici (necessari per la sintesi di microsistemi) e (ii) tecnologici (per la comprensione degli step fabbricativi).

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: gli studenti acquisiranno le competenze necessarie per la corretta progettazione e realizzazione di dispositivi microfabbricati a partire da specifiche assegnate. Il corso sarà corredato da esercitazioni di laboratorio, in cui gli studenti saranno chiamati ad applicare le conoscenze acquisite e svilupperanno abilità pratiche.

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.

## **Programma**

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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (14 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).

Seminari a cura di esperti del settore su alcuni aspetti di frontiera della ricerca in questo ambito (università e impresa, 2-4 ore).

## **Metodi e criteri di valutazione 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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale è espresso in trentesimi. L'esame è superato se il voto conseguito è maggiore o uguale di 18/30. 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 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).

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Meccatronica per i Sistemi Biomedicali.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

Dispense del docente e pubblicazioni scientifiche accessibili online sul sito <http://elearning.unicampus.it>.

Bibliografia aggiuntiva:

M.MADOU, Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology, Third Edition/CRC Press/2011.

## **BIONANOTECNOLOGIE**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione:** 1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** ITALIANO

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6 CFU

**Numero di ore di attività didattica**      48 ore

**Docente**      Alberto Rainer

### **Obiettivi formativi specifici**

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.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Conoscenza delle soluzioni basate su nanotecnologie per applicazioni in ambito medicale.

Conoscenza delle principali tecniche di caratterizzazione alla nanoscala.

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

Capacità di design di nanomateriali per applicazioni biomedicali

#### **Autonomia di giudizio:**

Capacità di applicare in modo autonomo scelte inerenti la progettazione di soluzioni basate su nanotecnologie.

#### **Abilità comunicative:**

Capacità di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico

### **Capacità di apprendere:**

Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

### **Programma**

Concetti introduttivi alle nanoscienze e ai nanomateriali in ambito biomedico (30h): nanomateriali basati su peptidi/polipeptidi/proteine; nanotecnologie basate su virus/cellule; quantum dots; nanoparticelle polimeriche; nanoparticelle metalliche; nanomateriali a base carbonio; principi di assemblaggio di materiali biologici.

Applicazioni alla nanomedicina (10h). Tecniche di microscopia ottica, elettronica e a sonda (8h).

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali che introducono gli argomenti del corso corredate da seminari (in presenza o in modalità online) da parte di ricercatori nell'ambito delle nanotecnologie per raccordare le nozioni teoriche a aspetti di ricerca (5 CFU). Introduzione alle tecniche di caratterizzazione microscopica, sia mediante esercitazioni in presenza che mediante sessioni "live demo" in telepresenza (1 CFU).

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta a stimolo chiuso (3 domande) con risposta aperta della durata di 2 ore.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Per superare l'esame con un voto prossimo a 18/30, lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza sufficiente dei principi fondamentali delle nanotecnologie applicate all'ambito biomedico, e una conoscenza di base delle tecniche di caratterizzazione dei prodotti delle nanotecnologie.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordare in maniera logica e coerente le nozioni teoriche con gli approfondimenti sugli aspetti di ricerca.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali sono considerate utili.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili sul sito <http://elearning.unicampus.it> I seguenti testi sono considerati utili ai fini di un approfondimento.

D.S. Goodsell, BIONANOTECHNOLOGY Lessons from Nature, Wiley.

D. Vollath, Nanomaterials: an Introduction to Synthesis, Properties, and Applications, Wiley.

## BIONIC SYSTEMS AND NEUROENGINEERING

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/34
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento:</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docenti</b>	Domenico Formica Giovanni Di Pino

### Obiettivi formativi specifici:

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 specifici

- 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.

### Programma

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; 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)

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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). Niedermeyer's electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields, Wolters Kluwer Health.

## **BIROBOTICS**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6 CFU

**Numero di ore di attività didattica**      48 ore

**Docente**      Prof. Eugenio Guglielmelli

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso si propone di fornire allo studente le seguenti conoscenze nell'ambito della Biorobotica:

- Principali definizioni, tassonomie e campi applicativi della biorobotica;
- Concetti principali riguardanti lo stato dell'arte della biorobotica e la progettazione e sviluppo di sistemi biorobotici.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Abilità e conoscenze teoriche sui metodi e strumenti per l'ideazione, la progettazione e lo sviluppo di sistemi biorobotici;

Abilità pratiche sull'uso di strumenti tecnologici per la modellazione di sistemi biologici e per la simulazione, progettazione, realizzazione e applicazione in vari contesti di sistemi robotici bioispirati.

#### **Capacità di applicare conoscenze e comprensione**

Saper utilizzare alcuni strumenti operativi e metodiche avanzate per l'ideazione e la progettazione di sistemi biorobotici.

### **Autonomia di giudizio**

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di i) esempi e applicazioni riguardanti i temi introdotti durante le lezioni frontali a ii) casi studio di sistemi bioispirati utilizzati per la validazione di ipotesi scientifiche su specie naturali oppure per risolvere problemi pratici da un punto di vista ingegneristico.

### **Capacità di apprendere:**

Lo studente sarà coinvolto in maniera attiva durante le lezioni frontali e le esercitazioni. Saranno affrontati esempi applicativi 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.

## **Programma**

Introduzione alla biorobotica: definizioni e schemi concettuali (1 CFU);

Analisi del background storico e dello stato dell'arte della biorobotica (1 CFU);

Tassonomia dei sistemi biorobotici. Analogie e differenze con i sistemi biologici (1 CFU);

Tecnologie abilitanti nella biorobotica: sensori, attuatori e altri componenti bio-ispirati e bio-mimetici (1 CFU);

Sistemi robotici per ricerca biologica: principi di progettazione, metodi e casi studio (0.5 CFU);

Sistemi robotici bioispirati e biomimetici: principi di progettazione, metodi e casi studio (0.5 CFU);

Sistemi robotici per applicazioni medico-biologiche: principi di progettazione, metodi e casi studio (0.5 CFU);

Sviluppi futuri della biorobotica (0.5 CFU).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (5 CFU), in cui vengono il docente presenta gli argomenti del corso.

Esercitazioni (1 CFU) che mostrano l'applicazione degli argomenti trattati a problemi specifici.

Seminari a cura di esperti del settore (università e impresa).

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze apprese durante il corso saranno valutate tramite un esame comprendente una prova scritta e, in caso di esito positivo, da una prova orale.

La prova scritta della durata di 45 minuti sarà composta da una domanda aperta e da 9 a risposta multipla sul programma del corso.

L'esame orale consisterà nella discussione dello scritto e in una domanda aperta.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto della prova scritta è così definito: 3 punti per ogni risposta corretta, 0 per ogni risposta mancata oppure errata. L'esame scritto è considerato superato se il voto è maggiore o uguale a 15/30.

L'esame orale permetterà di modificare il voto dello scritto di + o - 5 punti.

La lode viene concessa agli studenti che abbiano i) risposto correttamente alla domanda orale e ii) fornito risposte corrette, sintetiche ed esaustive alle domande della prova scritta.

### **Propedeuticità /Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Esami consigliati: Meccatronica per i sistemi biomedicali, Robotica Medica ed Industriale, Biomicrosistemi

### **Materiale didattico utilizzato**

Fumiya Lida and Auke Jan Ijspeert. "Biologically inspired robotics." Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 2015-2034;

Kortenkamp, D., Simmons, R., & Brugali, D. (2016). Robotic systems architectures and programming. In Springer Handbook of Robotics (pp. 283-306). Springer, Cham;

Jean-Arcady Meyer and Agnes Guillot. "Biologically inspired robots" Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 1395-1422;

Stefano Nolfi, Josh Bongard, Phil Husbands and Dario Floreano. "Evolutionary robotics" Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. 1395-1422;

Braitenberg, Valentino. Vehicles: Experiments in synthetic psychology. MIT press, 1986;

Laprie, Jean-Claude. "Dependability: Basic concepts and terminology."

Slide usate dal docente durante le lezioni, articoli e materiale aggiuntivo forniti dal docente.

I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

### **Materiale didattico consigliato**

Ulteriori articoli scientifici di approfondimento di temi e/o casi studio forniti dal docente e dai tutor.

I materiali saranno condivisi nella pagina del corso sulla piattaforma UCBM di e-Learning.

## **COLLAUDI E VERIFICHE FUNZIONALI DI APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/12
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Carlo Massaroni

### **Obiettivi formativi specifici**

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi la conoscenza e la comprensione dei criteri di verifica delle prestazioni delle apparecchiature elettromedicali ed i fondamenti e l'impostazione metodologica per la realizzazione del collaudo in opera. A tal fine si approfondiscono i concetti e le normative relative al collaudo di una apparecchiatura elettromedicale, alla esecuzione delle prove di collaudo, alla individuazione delle criticità, alla valutazione del rischio ed alla presentazione ed interpretazione dei risultati.

### **Risultati di apprendimento specifici:**

Conoscenza della legislazione e delle verifiche strumentali di riferimento relative al collaudo di un elettromedicale e al mantenimento delle prestazioni;

Conoscenza delle norme relative alla sicurezza elettrica, prove di verifica e classificazione delle apparecchiature elettromedicali;

Conoscenza dei principali metodi per presentare ed interpretare dati sperimentali.

Capacità di applicare i concetti relativi alle normative sulla sicurezza elettrica, sulle prestazioni e sul collaudo a casi pratici di accettazione e verifica di un elettromedicale

Capacità di applicare metodi statistici e di analisi per presentare e interpretare dati prelevati durante un collaudo o una verifica di un elettromedicale

Capacità di valutare e discutere in autonomia i dati prelevati durante la verifica di un dispositivo elettromedicale per determinare l'accettabilità del dispositivo stesso.

Capacità di applicare le conoscenze acquisite, nonché capacità di comprensione e abilità nel risolvere problemi a tematiche nuove o non familiari, inserite in contesti più ampi nel settore dei collaudi e delle verifiche funzionali

Capacità di integrare le conoscenze e gestire la complessità, nonché di formulare giudizi sulla base di informazioni limitate o incomplete

Saper comunicare in modo chiaro e privo di ambiguità le proprie conoscenze a interlocutori specialisti e non specialisti; capacità di analisi, sintesi, chiarezza esposita e proprietà di linguaggio nella stesura di rapporti e relazioni e nella comunicazione verbale.

## **Programma**

### **Parte I – Elementi introduttivi di base**

Definizione di apparecchiatura elettromedicale.

Legislazione di riferimento ed analisi dei contenuti. Dati nazionali ed internazionali.

Il mantenimento delle prestazioni: la manutenzione. Tipologie di manutenzione e strategie manutentive.

Analisi del rischio.

Razionalizzazione degli acquisti.

Analisi di fattibilità.

Metodologie per il calcolo del ritorno di investimento.

Procedure di evidenza pubblica: il capitolato tecnico.

### **Parte II – Il collaudo di accettazione e le verifiche delle prestazioni**

Il collaudo di un contratto: aspetti tecnici ed amministrativi.

Direttiva europea 93/42 sui dispositivi medici.

Classificazioni di collaudo.

Il collaudo di accettazione delle apparecchiature biomediche. Il certificato di collaudo. La redazione del verbale di collaudo.

Individuazione delle criticità di un'apparecchiatura attraverso un approccio sistemico: impianti, apparecchiatura, paziente ed utente.

Analisi del rischio e delle non-conformità.

### **Parte III – I fondamenti della verifica sperimentale**

Il metodo sperimentale e l'ideazione dell'esperimento.

Presentazione dei dati sperimentali.

Regole generali, incertezza di misura, cifre significative, arrotondamento.

Sistema internazionale di unità di misura.

Stima dell'incertezza di misura: concetti generali, stima dell'incertezza di tipo B e di tipo A. Indici di posizione e di dispersione. Distribuzione Gaussiana e di Student.

Propagazione della incertezza e confronto tra dati sperimentali.

### **Parte IV – Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali**

La sicurezza delle apparecchiature elettromedicali.

Norme CEI 62-5, CEI 62-51, CEI 62-122 e CEI 62-128.

Classificazioni delle apparecchiature elettromedicali secondo il grado di protezione dai contatti diretti ed indiretti e secondo il grado di protezione delle parti applicate.

Verifiche di sicurezza elettrica.

### **Parte V – Collaudi e verifiche di apparecchiature critiche**

Grandezze che caratterizzano il funzionamento di ventilatori polmonari e macchine per anestesia.

Norme CEI 62-141 e ISO 5367.

Apparecchi per elettrochirurgia ad alta frequenza.

Norma CEI 62-11.

Grandezze che caratterizzano il funzionamento dei defibrillatori.

Norma CEI 62-13.

Verifiche strumentali per l'esecuzione del collaudo di accettazione.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni ed esercitazioni integrate.

Ore di lezione: 38

Ore di esercitazione: 10

Il corso prevede tre esercitazioni. La prima mira a far apprendere l'uso di software e algoritmi per la corretta rappresentazione di dati sperimentali ottenuti in contesti di verifiche elettriche e/o collaudi di apparecchiature. In questo caso agli studenti è richiesto l'uso di MATLAB/Excel. Le altre due esercitazioni – di tipo pratico - sono dedicate alla verifica elettrica e al collaudo di uno/due dispositivi elettromedicali presenti all'interno del Policlinico Universitario Campus Bio-Medico di Roma. Per lo svolgimento di tali esercitazioni gli studenti sono suddivisi in gruppi (massimo 6 membri). Al termine delle esercitazioni pratiche è richiesta la stesura di un rapporto, oggetto di discussione in sede di esame finale.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Presentazione del rapporto di collaudo ed esame orale. All'interno della presentazione i membri del gruppo di lavoro saranno chiamati ad esporre i passi fondamentali ed i risultati ottenuti durante un collaudo di un elettromedicale. Ciascuna presentazione avrà durata massima di 15 minuti. Gli studenti dovranno dimostrare la capacità di impostare correttamente la verifica, individuare l'idoneo criterio di valutazione e di applicarlo correttamente, pervenendo a risultati utili a decretare la accettazione o meno dell'elettromedicale. Il colloquio orale sarà utile a valutare le basi teoriche. La prova consisterà di almeno 2 domande a complessità crescente. È prevista una durata della prova orale di circa 30 minuti.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi. La valutazione finale dello studente verrà attribuita tramite una media pesata dei voti relativi alla presentazione del rapporto di collaudo e all'esame orale. Per ciascuna prova il voto massimo è espresso in trentesimi (con lode indicata come 31). Al fine della determinazione del voto finale la presentazione dell'esperimento pratico di collaudo peserà per 1/3 del voto finale (massimo 10 punti, con lode +1). Di questi, fino a 6 punti sono attribuiti sulla base della appropriatezza dei metodi adottati per la definizione del setup di collaudo e delle capacità di analisi e di sintesi dei risultati sperimentali, fino a 3 punti sulla base della chiarezza espositiva, fino a 2 punti sulla originalità della soluzione proposta e della qualità della presentazione. Il colloquio finale peserà per i restanti 2/3 del punteggio finale (massimo 20 punti). La lode sarà data per un punteggio finale ottenuto dalla media pesata superiore a 30.5.

## **Propedeuticità /Prerequisiti**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Materiale didattico di supporto all'apprendimento

Dispense e materiali didattici forniti dal docente tramite la piattaforma di e-learning: <http://elearning.unicampus.it>.

Estratti di Norme CEI riguardanti apparecchiature elettromedicali, requisiti di sicurezza e prestazioni che devono rispettare alcune apparecchiature elettromedicali.

## **Testi di consultazione**

F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I e II, Springer, Milano 2008.

## CYBER SECURITY PER OPERATIONAL TECHNOLOGIES

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/04
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° Anno, 2° Semestre (corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica) 2° Anno, 12° Semestre (corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile)
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48 Ore
<b>Docente</b>	Luca Faramondi

### Obiettivi formativi specifici

Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cybersecurity al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema cyber-fisico.

Inoltre, il corso si propone di fornire le conoscenze di base di sicurezza delle reti informatiche e del software nel mondo delle Operational Technologies con particolare attenzione alla definizione di strategie di mitigazione delle minacce cyber.

### Risultati di apprendimento specifici:

Conoscenza e comprensione delle similitudini e delle principali differenze tra il contesto OT ed IT e dei principali protocolli di comunicazione nelle reti industriali e loro vulnerabilità.

Conoscenza e comprensione dei legami tra processi fisici industriali e infrastruttura informatica

Capacità di apprendimento dell'evoluzione delle minacce cyber nel contesto OT.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione relativa alla progettazione di infrastrutture di rete e software per applicazioni OT minimizzando il rischio cyber. Capacità di organizzare attività di penetration testing e vulnerability assessment su piccoli impianti industriali.

Capacità di applicare le conoscenze acquisite al fine di progettare soluzioni per l'identificazione e la mitigazione di minacce cyber.

### Programma

#### Parte I – Introduzione alle Operational Technologies

Richiami di automazione

Sistemi di controllo (richiami). Sensori ed attuatori (richiami). Sistemi SCADA. Controllori industriali.

Mezzi trasmissivi.

Operational Technology ed Information Technology

Architetture ed elementi caratteristici degli impianti. Gestione degli aggiornamenti. Dispositivi IoT ed IIoT.

Sicurezza dei processi e caratteristiche di integrità, disponibilità e confidenzialità dei dati.

## **Parte II – La Sicurezza delle reti informatiche**

Architetture di rete

Dispositivi di rete. Topologie di rete. Tecniche di commutazione. Gestione della comunicazione.

Protocolli di comunicazione

Protocolli della suite TCP-IP. Protocollo ModBUS. Standard OPC UA. Tecniche di Crittografia.

Vulnerabilità delle reti e dei protocolli

Vulnerabilità dei protocolli industriali. Vulnerabilità delle reti wireless. Tecniche di attacco (ARP Spoofing, Man in the Middle, Denial of Service, Distributed Denial of Service).

Strumenti per Penetration Testing e Vulnerability Assessment

La distribuzione Kali Linux. Strumenti per simulazioni hardware in the loop. Mini CPS.

Soluzioni per il monitoraggio della rete

Intrusion detection Systems, Intrusion. Prevention Systems. Firewall. DMZ. Snort. Soluzioni Anomaly Based e Signature Based per l'identificazione delle minacce.

## **Parte III – La sicurezza del software**

Vulnerabilità e minacce software. Security by Design. Approcci Design by Contract e Defensive programming. Code Injection. SQL Injection. Buffer Overflow. Privilege Escalation.

## **Parte IV – Analisi delle Fonti Aperte**

Social Engineering. Strumenti per indagini OSINT. Shodan.IO

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (50%)

Esercitazioni in aula ed in laboratorio (40%)

Seminari con esperti (10%)

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Prova scritta e progetto di gruppo.

La prova scritta, della durata di 2 ore, prevede un esercizio di progettazione di infrastruttura di rete resiliente ad attacchi cyber in cui gli studenti dovranno mostrare la capacità di scegliere autonomamente, sulla base delle competenze acquisite, quali strumenti utilizzare per realizzare una infrastruttura informatica per contesti industriali. La prova scritta prevede inoltre due quesiti aperti su argomenti trattati nel corso delle lezioni.

L'elaborato progettuale di gruppo (massimo 4 persone) consisterà nella progettazione ed implementazione di una porzione di un sistema OT, basato su miniCPS e simulatori di sistemi industriali, sul quale eseguire penetration test e sviluppare soluzioni per l'incremento della sicurezza rispetto a minacce informatiche analizzate durante il corso. Sarà richiesta infine una presentazione di gruppo che evidenzii le motivazioni che sono alla base delle scelte effettuate per la realizzazione del progetto. Le linee guida per il progetto di gruppo sono consegnate agli studenti un mese prima del termine delle lezioni.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:**

Sia per la prova scritta che l'elaborato progettuale verrà attribuito un punteggio espresso in trentesimi in relazione alla correttezza, esaustività e complessità del lavoro presentato. Una valutazione positiva sia della prova scritta che del progetto (pari, almeno, a 18/30) è condizione necessaria per il superamento dell'esame. Il voto finale sarà calcolato come media ponderata del voto della prova scritta (40%) e della valutazione del progetto di gruppo (60%).

### **Propedeuticità /Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Nozioni di programmazione di base.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

Materiale didattico di supporto all'apprendimento

Dispense del docente

Articoli Scientifici

### **Testi di Consultazione**

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**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** FIS/02

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docente** Simonetta Filippi

### **Obiettivi formativi specifici**

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti le nozioni di base della Dinamica dei sistemi non lineari, con particolare riferimento alla conoscenza dei metodi analitici e geometrici e attraverso esempi concreti. La teoria viene proposta a partire dalle equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali utili a sviluppare modelli classici di fenomeni naturali, biologici e ingegneristici. L'insegnamento si propone di fornire agli studenti una generale comprensione dei modelli matematici e delle simulazioni numeriche ampiamente diffusi per lo studio di sistemi dinamici. Scopo dell'insegnamento è quello di introdurre il tema della non linearità in natura e la teoria del Caos. Ulteriore obiettivo è fornire conoscenza e comprensione di applicazioni specifiche quali vibrazioni meccaniche, laser, ritmi biologici, comportamenti epidemiologici, modelli meteorologici e meccanici con comportamento caotico e modelli di sistemi fisiologici. Il corso è altresì centrato sull'approccio interdisciplinare ai problemi complessi dell'Ingegneria e delle Bioscienze.

## **Risultati di apprendimento specifici**

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

Gli studenti dovranno acquisire le basi fisico-matematiche della Dinamica dei sistemi complessi e la comprensione dei fenomeni non lineari e caotici, in particolare di quelli biofisici e fisiologici di interesse per l'Ingegneria Biomedica. Allo sviluppo di tali conoscenze concorrono le lezioni teoriche aventi contenuto fisico-matematico e la presentazione di modelli classici di fenomeni naturali e della fisiologia. Inoltre gli studenti svilupperanno la comprensione del metodo scientifico per la formulazione dei modelli matematici.

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

Gli studenti acquisiranno:

- la capacità di analisi dello stato dell'arte, di comprensione e analisi critica di modelli e simulazioni di sistemi biologici esistenti e del loro utilizzo per la soluzione di problemi specifici dell'Ingegneria Biomedica;
- la capacità di applicare i principali metodi e strumenti software per la modellazione teorica e numerica di sistemi non lineari e sistemi complessi.
- la capacità di riconoscere e identificare gli elementi essenziali per modellizzare un fenomeno, in termini di scala dello stesso e di grandezze fisiche necessarie con i relativi ordini di grandezza e livello di approssimazione.

È previsto a tal fine un percorso di apprendimento pratico (esercitazioni al computer attraverso l'uso di software specifici) dei metodi e degli strumenti per la modellazione dei sistemi biologici e fisiologici, mediante approcci multi-scala e multi-fisica, con particolare riferimento agli organi e alle funzioni del corpo umano.

Grazie a modalità di didattica innovativa e seminari avanzati, gli studenti esercitano le abilità di ragionamento logico che portano alla costruzione di un modello matematico specifico.

Autonomia di giudizio. Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, acquisendo le competenze necessarie alla valutazione della tipologia di modellazione dei sistemi dinamici utile in casi specifici in ambito biomedico.

Abilità comunicative. A valle del corso, gli studenti avranno sviluppato abilità comunicative e terminologiche utili nell'ambito della pratica e della ricerca biomedica, utilizzando un lessico scientifico. Tale abilità sarà verificata attraverso la prova d'esame.

Capacità di apprendere. Gli studenti dovranno aver sviluppato quelle capacità di apprendimento tali da consentire l'autonomia necessaria per reperire informazioni e approfondimenti, fruendo della letteratura scientifica di settore e del confronto tra colleghi e con i docenti e per ideare e costruire modelli dinamici di sistemi biologici specifici e anche per eventuali applicazioni dei modelli in ambiti diversi.

## **Programma**

Il corso è organizzato in un unico modulo articolato come segue.

Caos, Frattali e Dinamica dei Sistemi Complessi (2h):

- Introduzione storica alla dinamica.
- L'importanza della non linearità in Natura.

Flussi su una linea (2h):

- Interpretazione geometrica, punti fissi e stabilità, crescita di popolazioni.
- Biforcazioni di sella-nodo, transcritiche e a forchetta.
- Laser.

Oscillatori (4h):

- Oscillatore uniforme e non uniforme.
- Pendolo con attrito, oscillazioni supersmorzate.
- Sincronizzazione delle lucciole.

Sistemi lineari e non lineari (2h):

- Definizioni ed esempi.
- Classificazione e punti fissi.
- Spazio delle fasi, autovalori ed autovettori.
- Linearizzazione.

Cicli limite (2h):

- Teorema di Poincaré-Bendixon.
- Sistema e modello di Van Der Pol.
- Biforcazioni di Hopf, oscillatori accoppiati e quasi periodicità.

Equazioni di Lorenz e Chaos deterministico (6h):

- Derivazione fluidodinamica delle equazioni di campo.
- Applicazione alla ruota ad acqua.

Mappe unidimensionali (2h):

- Mappa logistica
- Esponenti di Lyapunov, universalità.

Applicazioni (10h):

- 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 (10h):

- Modello di tessuto cardiaco.
- Accoppiamento termo-elettrico.
- Modelli di aritmia.

Teoria delle PDE (2h).

Simulazioni numeriche (Comsol Multiphysics) (30h).

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (60%) in cui si introducono i concetti di base, le evidenze sperimentali, i temi teorici e le relative dimostrazioni, nonché i modelli matematici fondamentali. Le modalità comprendono l'uso di slides a cura del docente, argomentazioni esplicative alla lavagna, tablet con proiezione su schermo.

Esercitazioni (40%) al computer in cui si introduce lo studente a software dedicati alla risoluzione di ODE e PDE tramite metodo FEM ed alla rappresentazione grafica delle soluzioni. Le modalità comprendono: la proiezione di slides per la costruzione per passi di un modello matematico specifico. Lo svolgimento è seguito e riprodotto dagli studenti sul proprio PC; si include l'interazione contestuale con il docente/tutor per la messa a punto del modello e del funzionamento dello stesso.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

- Le conoscenze teoriche relative alla Dinamica dei Sistemi Complessi sono verificate mediante una prova teorico/pratica in cui si chiede l'argomentazione scritta di due temi organizzati in cinque sotto-domande ciascuno che affrontano aspetti specifici dei singoli temi.
- La verifica delle capacità pratiche acquisite sarà effettuata attraverso una prova pratica di modellazione matematica di un sistema dinamico analogo a quelli svolti durante le esercitazioni, mediante l'uso del software Comsol Multiphysics.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il risultato della prova teorico/pratica è valutato fino a 20 punti, attribuendo 2 punti a ciascuna delle sotto-domande costituenti i singoli temi.

Il risultato della prova pratica di modellazione matematica di un sistema assegnato mediante l'uso del software Comsol Multiphysics è valutato fino a 10 punti.

La valutazione finale in trentesimi consta della somma dei punteggi raggiunti nelle due prove.

La valutazione minima per il superamento dell'esame è di 18/30.

La lode è attribuita agli studenti che siano stati in grado di argomentare e rispondere con ottima autonomia di giudizio a domande specifiche concernenti gli argomenti trattati durante il corso.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Non sono presenti propedeuticità specifiche. Sono fortemente consigliate le nozioni di base di Algebra, Analisi Matematica e Fisica (Meccanica, Termodinamica ed Elettromagnetismo).

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

#### **Testi di Riferimento:**

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, 1998

Materiale didattico messo a disposizione dal docente.

#### **Testi aggiuntivi:**

N.F. Britton, Essential Mathematical Biology. Springer, 2003.

## **ELABORAZIONE DEI SEGNALI DIGITALI E DELLE IMMAGINI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/05

**Anno di corso e semestre di erogazione**    1° anno – 1° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6 CFU

**Docente**                      Prof. Luca Vollero  
   Ing. Mario Merone

### **Obiettivi formativi specifici**

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. Il corso si propone di introdurre gli studenti alle problematiche di Computer Vision: dall'estrazione delle feature all'interpretazione delle immagini.

## **Risultati di apprendimento specifici:**

### **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.

## **Programma**

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.

Introduzione alla Computer Vision.

Segmentazione delle immagini.

Elaborazione Morfologica.

Elaborazione dei segnali e delle immagini digitali con MATLAB.

Segmentazione

Estrazione Feature

Introduzione alle reti convolutive

Applicazioni di Computer Vision Con MATLAB: Image Classification, Object Detection, Face Recognition

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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

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

La prova orale mira ad accertare

- conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
- abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.
- capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di elaborazione dei segnali e delle immagini digitali.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:**

Il voto finale, in trentesimi, è ottenuto come 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 raggiunge almeno 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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Nozioni di base di elaborazione dei segnali e conoscenza della programmazione MATLAB.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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

## ELETRONICA E SENSORI PER APPLICAZIONI BIOMEDICHE

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	NG-INF/01
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° Anno - Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48 ore
<b>Docente</b>	Prof. Marco Santonico

### Obiettivi formativi specifici

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.

### Risultati di apprendimento specifici:

#### 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

### Programma

#### 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'amplificatore operativo 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).

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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 21 punti saranno assegnati in base alle domande sul materiale del corso che verranno proposte allo studente nel proseguo della prova orale. La lode verrà attribuita agli studenti che avranno conseguito una votazione superiore a 30.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base dell'elettronica

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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 (Mod. A e Mod. B)

<b>Moduli component</b>	Impianti Ospedalieri Mod.A Impianti Ospedalieri Mod.B
<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/10 Mod. A ING.IND/33 Mod. B
<b>Anno di corso e semestre di erogazione:</b>	2° Anno, 1° semestre
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	3 CFU (Mod.A) + 3 CFU (Mod.B)
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	24 CFU (Mod.A) + 24 CFU (Mod.B)
<b>Docente</b>	Ing. Fabio Fiamingo, PhD (Mod.A e Mod.B)

### Obiettivi formativi specifici:

Il corso fornisce una panoramica sulla corretta realizzazione ed esercizio sicuro ed efficiente degli impianti a servizio di un ospedale e in particolare del sistema elettrico utilizzatore.

L'obiettivo principale è quello di sviluppare la conoscenza delle tipologie di sistema elettrici utilizzatori, tipicamente in esercizio in una struttura ospedaliera, focalizzando l'attenzione sulle criticità (i.e. alimentazione di emergenza, gestione del guasto, etc.) che occorre gestire.

Il metodo sviluppato tiene, in debito conto, che gli studenti nel loro futuro professionale potranno trovarsi a gestire problematiche relative al il sistema elettrico in qualità d'ingegneri clinici; più raramente in qualità d'ingegneri appartenenti ai Servizi tecnici o al Servizio Prevenzione e Protezione Aziendale della struttura sanitaria.

### Risultati di apprendimento specifici

#### Risultati di apprendimento specifici:

Il corso fornisce una panoramica sulla corretta realizzazione ed esercizio sicuro ed efficiente degli impianti a servizio di un ospedale e in particolare del sistema elettrico utilizzatore con brevi cenni riguardanti gli impianti meccanici.

L'obiettivo principale è quello di sviluppare la conoscenza delle tipologie di sistema elettrici utilizzatori, tipicamente in esercizio in una struttura ospedaliera, focalizzando l'attenzione sulle criticità (i.e. alimentazione di emergenza, gestione del guasto, etc.) che occorre gestire.

Inoltre una parte del corso è dedicata ad una breve descrizione di parti di impianti meccanici (ventilazione e climatizzazione; idrico sanitario, antincendio.)

Il metodo sviluppato tiene, in debito conto, che gli studenti nel loro futuro professionale potranno trovarsi a gestire problematiche relative al il sistema elettrico in qualità d'ingegneri clinici; più raramente in qualità d'ingegneri appartenenti ai Servizi tecnici o al Servizio Prevenzione e Protezione Aziendale della struttura sanitaria.

Al fine di un proficuo apprendimento è necessaria la conoscenza di argomenti riguardanti l'elettrotecnica di base, il sistema elettrico trifase, macchine elettriche.

#### Conoscenze e capacità di comprensione

Lo studente acquisirà la conoscenza e la capacità di comprensione delle nozioni fondamentali riguardanti il sistema elettrico utilizzatore, con particolare attenzione relativamente ai tipi di sistemi di distribuzione

realizzabili, i componenti principali che li costituiscono e, non ultimo le criticità che possono presentarsi durante l'esercizio degli stessi.

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

Lo studente sarà in grado d'individuare e descrivere i componenti elettrici presenti nei locali medici (quadri, condutture, nodi equipotenziali etc.), inoltre riuscirà a comprendere operativamente i dettami tecnici definiti dalla normativa tecnica vigente.

Sarà inoltre in grado d'interpretare lo schema elettrico unifilare di un sistema medio/grande d'impianto elettrico a servizio di una struttura ospedaliera.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente sarà in grado d'individuare autonomamente sul campo eventuali difformità dalla regola dell'arte del sistema elettrico utilizzatore.

### **Abilità comunicative**

Lo studente sarà in grado d'interfacciarsi con un professionista del settore impianti (ingegnere progettista o installatore) e trasferire o raccogliere informazioni riguardanti il sistema elettrico in esame

### **Capacità di apprendere**

Lo studente acquisirà la capacità di leggere e interpretare correttamente la normativa tecnica del settore elettrico emanata dal Comitato Elettrotecnico Italiano; in particolare durante il corso sarà oggetto di studio la norma CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1.000 V in corrente alternata e 1.500 V in corrente continua"

## **Programma**

Cenni sulla normativa di riferimento norme CEI e norme UNI (4 ore)

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. (2 ore)

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. (4 ore)

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 e indiretti. (4 ore)

Le condutture elettriche di bassa tensione: i cavi in PVC ed EPR; concetti di dimensionamento. (4 ore)

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. (8 ore)

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. (6 ore)

Impianti di ventilazione e climatizzazione - Sistemi a portata d'aria costante, sistemi VAV, sistemi climatizzazione sala operatoria, ricambia d'aria, centrali trattamento aria. (4 ore)

Sistema di supervisione BMS (4 ore)

Impianto idrico sanitario (4 ore)

Impianto antincendio (4 ore)

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Durante il corso il docente si avvarrà anche di strumenti di realtà immersiva per "visitare" locali tecnici e locali medici.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze vengono verificate mediante una prova orale in cui viene chiesto di illustrare gli argomenti trattati durante il corso. Durante la prova si vuole verificare la conoscenza di quanto studiato; oggetto di valutazione sono la capacità di comprensione e la capacità di comprensione applicate, l'autonomia di giudizio e, non ultimo, l'abilità comunicativa secondo quanto indicato negli obiettivi formativi a cui si rinvia per maggiore dettaglio.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

Laddove il candidato risponda correttamente ed esaurivamente alle tre domande d'esame il docente, a suo insindacabile giudizio, potrà porre una quarta domanda per l'assegnazione eventuale della lode.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Elettrotecnica – Impianti Elettrici

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Impianti elettrici nei locali medici: verifiche ed INAIL autore F.Fiamingo - GL Amicucci

Appunti a cura del docente

## INFORMATICA PER SISTEMI EMBEDDED

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° Anno, 1° Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Prof. Luca Vollero

### Obiettivi formativi specifici

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 specifici

#### 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.

### Programma

L'Architettura dei Sistemi di Calcolo.

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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

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

L'homework mira ad accertare

- conoscenze e capacità di comprensione applicate all'analisi di problemi di progettazione di sistemi IoT edge.
- autonomia di giudizio nella valutazione e scelta delle soluzioni a problemi di progettazione di sistemi di IoT edge.

La prova orale mira ad accertare

- conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.
- abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti di progettazione di sistemi IoT edge.
- capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di progettazione di sistemi IoT edge.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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 raggiunge almeno 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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Nozioni base di architettura e di programmazione (C o C++) dei calcolatori.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

David A. Patterson, John L. Hennessy, Struttura e progetto dei calcolatori, progettare con RISC-V, Zanichelli  
C. Hamacher, Z. Vranesic, S. Zaky, Introduzione all'architettura dei calcolatori 3/ed, McGraw-Hill  
Tannenbaum, T. Austin. Structured Computer Organization (6th Edition). Prentice Hall. Morgan Kaufmann  
Dispense del docente

## **INGEGNERIA CHIMICA DEGLI ORGANI ARTIFICIALI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      Ing-Ind/24

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**                    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**                    6

**Numero di ore di attività didattica**                    48

**Docente**    Vincenzo Piemonte

### **Obiettivi formativi specifici**

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.

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi di progettazione di organi artificiali

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.

### **Risultati di apprendimento specifici**

#### **CAPACITÀ APPLICATIVE**

Al termine del corso, lo studente è in grado di progettare e ottimizzare organi artificiali quali fegato artificiale, rene artificiale, polmone artificiale, pancreas e sistema gastro-intestinale artificiale.

## 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.

## 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.

## **Programma:**

Introduzione all'ingegneria degli organi artificiali (2h)

Trasferimento di materia negli organi artificiali. Diffusione e convezione. Diffusione e reazione. Numeri adimensionali (10h di cui 5h per esercitazioni).

Cinetiche enzimatiche, enzimi liberi ed intrappolati (5h di cui 1,5h per esercitazioni).

Cinetiche cellulari (3h).

Bioreattori cellulari (3h di cui 1,5h per esercitazioni).

Gli elementi degli organi artificiali: membrane, colonne di adsorbimento, criteri per il calcolo delle principali apparecchiature (5h di cui 2h per esercitazioni).

Il rene artificiale: dialisi, proprietà delle membrane, clearance, modelli farmacocinetici paziente-dispositivo (6h di cui 2h per esercitazioni);

Il fegato artificiale e bioartificiale: detossificazione del sangue, adsorbimento; funzioni di sintesi e bioreattori (6h di cui 2h per esercitazioni).

Polmone artificiale: ossigenatori, problemi di trasporto e scambio (4h).

Sistema Gastro-intestinale artificiale per biodisponibilità di farmaci (2h)

Pancreas Artificiale (2h)

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 e mirerà alla valutazione delle capacità applicative e di giudizio, mentre la seconda sarà dedicata ad aspetti più progettuali dell'ingegneria degli organi artificiali, con lo scopo di valutare le capacità di apprendimento e di comunicazione.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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. Le due domande contribuiranno con un peso paritario alla composizione del voto finale. Il candidato potrà aspirare alla lode, rispondendo perfettamente alle due domande e dimostrando un

notevole capacità di rielaborazione dei contenuti del corso. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense del docente.

Annesini M.C., Marrelli L., Piemonte V., Turchetti L., Artificial Organ Engineering, Springer, 2017, ISBN 978-1-4471-6442-5, ISBN 978-1-4471-6443-2.

## **INGLESE GENERALE**

**Settore scientifico-disciplinare** L-LIN/12

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 2° semestre  
2° anno, 1° semestre

**Carico didattico in crediti formativi universitari** CFU N. 3

**Numero di ore di attività didattica assistita** 24 ore

**Docenti** Centro Linguistico d'Ateneo

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso di inglese è erogato al I anno di corso e mira a rafforzare le competenze linguistiche, coprendo tutte le abilità: reading, writing, listening e speaking.

Ogni studente all'inizio del corso è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali e attraverso i quali a conclusione del corso lo studente potrà conseguire i livelli dal B1.1 al C1.3 (a seconda del posizionamento iniziale) del Quadro di Riferimento Europeo per le Lingue. Gli studenti che avranno conseguito al test di posizionamento un livello pari o superiore al C2.1 sono esonerati dal seguire il corso curriculare di Inglese.

### **Risultati di apprendimento specifici**

Con il raggiungimento del livello B1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere i punti chiave di argomenti familiari che riguardano la scuola, il tempo libero ecc.
- Muoversi in situazioni che possono verificarsi mentre viaggia nel Paese di cui parla la lingua.
- Produrre un testo semplice relativo ad argomenti che siano familiari o di interesse personale.
- Esprimere esperienze e avvenimenti, sogni, speranze e ambizioni, e anche di spiegare brevemente le ragioni delle sue opinioni e dei suoi progetti.

Con il raggiungimento del livello B2 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere le idee principali di testi complessi su argomenti sia concreti sia astratti, come pure le discussioni tecniche sul proprio campo di specializzazione.
- Interagire con una certa scioltezza e spontaneità che rendono possibile un'interazione naturale con i parlanti nativi senza sforzo per l'interlocutore.
- Produrre un testo chiaro e dettagliato su un'ampia gamma di argomenti e riesce a spiegare un punto di vista su un argomento fornendo i pro e i contro delle varie opzioni.

Con il raggiungimento del livello C1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere un'ampia gamma di testi complessi e lunghi e ne sa riconoscere il significato implicito.
- Esprimersi con scioltezza e naturalezza.
- Usare la lingua in modo flessibile ed efficace per scopi sociali, professionali e accademici.
- Produrre testi chiari, ben costruiti, dettagliati su argomenti complessi, mostrando un controllo sicuro della struttura testuale, dei connettori e degli elementi di coesione.

## Programma

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B1**

**Grammatica:** Present continuous e Present Simple – Avverbi di frequenza ed espressioni di tempo -Past Simple Past Continuous – verbi attivi e statici, Present perfect, Le forme del futuro – I comparativi, espressioni di quantità, verbi modali, (Should/shouldn't – must/mustn't), First and second conditional – Used to – Forma passiva – Phrasal verbs comuni– Relative clauses con pronomi relativi, Discorso indiretto

**Vocabolario:** Frasi comuni - Il mondo del lavoro – i viaggi e le vacanze - Le relazioni tra persone-La formazione dei sostantivi - L'ambiente – I progetti, Speranze e ambizioni -Aggettivi per il carattere – I prefissi degli aggettivi -Descrivere la propria casa- I sentimenti – Frasarario per fare shopping

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B2**

**Grammatica:** Ripasso dei verbi regolari ed irregolari - Present Simple e Continuous - Past Simple - Past Progressive - Past Perfect Simple - Present Perfect simple - 1,2,3 conditionals - Verbi modali per esprimere capacità, obblighi, consigli - Forma passiva- Comparativi e superlativi - Past Conditional - Diverse forme per esprimere il futuro - Gli ausiliari modali nel passato e per esprimere probabilità - Discorso diretto/ indiretto - Forme con I wish, If only

**Vocabolario:** Vita quotidiana - Istruzione Media e intrattenimento - L'ambiente Salute, medicina ed esercizio fisico - Hobby e svaghi Sentimenti - Simpatie e antipatie - Luoghi e palazzi - Relazioni interpersonali - Trasporti Servizi Interazione sociale - Il mondo della natura - Viaggi e vacanze -Espressione di ipotesi - Espressione dell'anteriorità nel futuro e nel passato

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello C1**

**Grammatica:** Revisione di tutti i tempi verbali, (simple, perfect, continuous, i passivi) - Espressioni enfatiche - Phrasal verbs e combinazioni verbo/aggettivo + preposizione - Verbo + gerundio - Modali al passato - Probabilità future.

**Vocabolario:** Linguaggio per descrivere personalità e identità - Forme idiomatiche - Phrasal verbs utilizzate per parlare di concetti astratti, complessi come sicurezza sul lavoro, tecnologia, innovazione, salute, benessere, creatività, arte.

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni organizzate in gruppi in relazione ai diversi livelli di conoscenza della lingua.

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Durante il corso saranno svolti test e prove intermedie per la verifica del raggiungimento dell'obiettivo formativo individuale.

A conclusione del corso la verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso un test Scritto e Orale con esercizi e attività rivolte alla valutazione delle seguenti abilità linguistiche: Reading 25% - Writing 25% - Listening 25% and Speaking 25%.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

La valutazione finale è espressa attraverso un giudizio di idoneità.

Al termine del corso si svolgerà la prova finale che valuterà l'apprendimento dei contenuti studiati. Il 60% rappresenta la soglia minima richiesta per il raggiungimento del livello del corso. Gli studenti che ottengono un punteggio superiore al 90% progrediranno di due livelli.

## Requisiti

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali. Il raggiungimento di ciascun obiettivo diventerà il livello iniziale su cui definire l'obiettivo successivo. Gli studenti con un livello iniziale inferiore al B1 avranno a disposizione un servizio di tutorato linguistico finalizzato al raggiungimento del livello B1; gli studenti con un livello iniziale superiore al livello C2.1 potranno essere esonerati previa domanda di esonero.

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Moduli e unità del libro di testo verranno indicati dal docente durante la prima lezione del corso e saranno differenziati a seconda dell'obiettivo formativo individuato per ogni singolo studente

# IOT SYSTEMS DESIGN

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/05

**Anno di corso e semestre di erogazione**      2° Anno, 2° Semestre

**Lingua di insegnamento**      Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6 CFU

**Numero di ore di attività didattica**      48

**Docenti**      Ing. Giuseppe Cinque  
Prof. Luca Vollero

## Obiettivi formativi specifici

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 specifici**

### **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.

## **Programma**

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

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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

- conoscenze e capacità di comprensione applicate alla formulazione di soluzioni e alla soluzione di problemi di progettazione di sistemi IoT.

- 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

- conoscenze e capacità di comprensione degli argomenti del corso.

- abilità comunicative nella descrizione formale di argomenti del corso.

- capacità di applicare le conoscenze e competenze acquisite nella formulazione di soluzioni originali a problemi di progettazione di sistemi IoT.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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 raggiunge almeno 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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Superamento dei seguenti corsi:

Informatica per Sistemi Embedded

Automatic Control

Elettronica e Sensori per Applicazioni Biomediche

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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 ANALYTICS**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/05

**Anno di corso e semestre di erogazione**      2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**      Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      6

**Numero di ore di attività didattica**      48

**Docente**      Paolo Soda

## **Obiettivi formativi specifici**

Il Corso di Machine Learning & Big Data Analytics (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.

## **Risultati di apprendimento specifici**

### **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:

- sapere giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali.
- sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati
- 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. Dovrà inoltre saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## **Programma**

Introduzione, definizione del concetto di learning e del pattern recognition, definizioni varie, metodologia e processo di analisi, concetto di descrittore o feature (~2 ore);

Modello del processo di analisi dei dati, semplice esempio di cosa significhi classificare sulla base dell'esperienza, esempio del riconoscimento ittico, overfitting, underfitting (~2 ore);

Tipi di classificatori, classificazione supervisionata, non supervisionata, semi-supervisionata, regressione (~1 ora);

Metodi di valutazione delle prestazioni, metodologie sperimentali, cross-validation, matrice di confusione, metriche derivate dalla matrice di confusione, la curva ROC (~2 ore);

Il teorema di Bayes e il classificatore bayesiano (~2 ore);

Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni del kNN, considerazioni computazionali (~1 ora);

Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, i tipi di kernel, il problema dello XOR; , affidabilità delle decisioni (~1 ora);

Alberi decisionali (~2 ore);

- Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria di problemi multiclasse (~2 ore);
- Sistemi Multi-Esperto: bagging e boosting, adaboost; random forest (~2 ore)
- Feature selection e PCA (~2 ore);
- Introduzione alle reti neurali e al deep learning, modello del neurone, funzioni di trasferimento, il perceptrone, LMS, gradiente discendente stocastico, introduzione MLP, il problema della saturazione, Error-Backpropagation, cross-entropy, Softmax, ReLU, Tecniche per combattere overfitting (ad es. regolarizzazione L1 e L2, dropout), il problema del gradiente evanescente o esplosivo; Reti convolutive, adattamento di Error-Backpropagation (~10 ore);
- Unsupervised learning, clustering (~3 ore);
- Metodi per la regressione (lineare, logistica, kNN, alberi) (~2 ore);
- Metodi per l'analisi di grandi quantità di dati (~2 ore);
- Laboratorio: uso di Matlab per applicazioni di quanto esposto nel programma (~12 ore);

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al computer è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

Nel lavoro sperimentale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura individuata per la soluzione, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

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. Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre il modello decisionale ad albero".

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, che pesa al 75%. 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. Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente. La lode si consegue dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e di giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

**Propedeuticità / Prerequisiti:**

Nessuna

**Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Materiale didattico utilizzato

Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012 (capitoli 1,2,4,8)

Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics (capitoli 3 e 4)

Dispense fornite dal docente

**Materiale didattico consigliato**

Charu C. Aggarwal - Data Mining the Textbook. Springer 2015.

**MECCATRONICA PER I SISTEMI BIOMEDICALI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**

ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione**

1° anno Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica  
1° e 2° Semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**

18

**Numero di ore di attività didattica**

144

**Docente**

Domenico Formica  
Fabrizio Taffoni

**Obiettivi formativi specifici**

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 specifici:**

- 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.

## **Programma:**

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 Biomiosistemi dell'Università Campus Bio-Medico di Roma con le attrezzature sperimentali, i componenti e i sistemi meccatronici e robotici disponibili presso tali laboratori.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

## **Propedeuticità**

Nessuna propedeuticità formale è richiesta, ma è necessario che lo studente abbia le basi (o le acquisisca durante l'erogazione del corso) di:

- Elettronica analogica e digitale (livello elementare)
- Meccanica applicata alle macchine
- Linguaggio C

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

Dispense e materiali didattici forniti dal docente tramite la piattaforma di e-learning del campus: <http://elearning.unicampus.it>

## MECHANICS OF BIOLOGICAL SYSTEM

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ICAR/08
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Alessio Gizzi

### Obiettivi formativi specifici

L'insegnamento si propone di fornire agli allievi la conoscenza e la comprensione dei criteri di modellazione biomeccanica teorica e computazionale (tessuti soffici fibro-rinforzati, elettromeccanica muscolare e cardiaca) e le metodologie e gli strumenti per l'analisi critica della letteratura scientifica in ambito biomeccanico. Inoltre, l'insegnamento si propone di introdurre l'allievo alla relazione di un report scientifico.

### Risultati di apprendimento specifici

Conoscenza e capacità di comprensione. Il corso fornirà gli elementi necessari alla comprensione dei fondamenti teorico-scientifici della modellazione biomeccanica dei materiali e sistemi biologici dalla scala micrometrica alla scala macroscopica, 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 la comprensione di trattati scientifici e la loro trasposizione in modelli matematici biomeccanici per la simulazione numerica del comportamento fisiologico e patologico di tessuti, organi e sistemi biologici. Grazie a modalità di didattica innovativa, quali flipped classroom e seminari avanzati, gli studenti acquisiranno abilità di ragionamento logico che hanno portato alla costruzione di un modello biomeccanico.

Autonomia di giudizio. Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche, acquisendo le competenze necessarie alla valutazione della modellazione biomeccanica in ambito biomedico.

Abilità comunicative. A valle del corso, gli studenti avranno sviluppato abilità comunicative tali da dialogare con esperti internazionali in ricerca biomeccanica utilizzando un lessico scientifico.

Capacità di apprendere. Gli studenti saranno in grado di reperire informazioni fruendo della letteratura scientifica di settore ed in grado di costruire modelli biomeccanici di sistemi biologici.

### Programma

Il corso è organizzato in un unico modulo articolato su:

**Concetti introduttivi alla meccanica dei continui in deformazioni finite** (10h): cinematica generalizzata e decomposizione moltiplicativa; derivazione delle equazioni costitutive a partire da un potenziale termodinamico; materiali iperelastici e comportamenti fuori dall'equilibrio.

**Modelli biomeccanici multifisici e multiscala di sistemi biologici** (30h): formulazioni multifisiche (elettromeccanica, termo-meccanica, plasticità, frattura) tramite decomposizione moltiplicativa del gradiente di deformazione e decomposizione additiva del potenziale di energia; modellazione multiscala omogeneizzata della microstruttura di cellule, tessuti ed organi (fibre di collagene, fibre muscolari); descrizione statistica delle

proprietà biomeccaniche dei tessuti tramite tensori di struttura medi; stato dell'arte in meccanobiologia e sfide future.

**Metodi risolutivi di modelli biomeccanici di sistemi biologici** (20h): ricostruzione e discretizzazione del dominio fisico da immagini biomedicali; formulazione variazionale per implementazione ad elementi finiti.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (4 CFU) che introducono gli argomenti del corso e presentano e discutono casi di studio estratti dalla letteratura scientifica di riferimento.

Flipped classroom (1 CFU) che affrontano argomenti specifici in campo biomeccanico.

Seminari avanzati (1 CFU) a cura di esperti nel campo della ricerca e dell'industria.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità apprese durante il corso saranno valutate tramite una prova progettuale sviluppata durante il corso e tramite una prova orale alla fine del corso. La prova progettuale (valutata al massimo 15/30) verterà sulla redazione di un report scientifico concernente uno specifico tema della corrente ricerca biomeccanica. Nel report gli studenti dovranno applicare le nozioni trattate durante il corso e sviluppare in maniera critica gli argomenti di studio in modo da valutare la loro autonomia di giudizio. La prova orale (valutata al massimo 15/30) verificherà il grado e l'apprendimento delle conoscenze fornite allo studente e prevede che lo studente illustri oralmente il report scientifico prodotto durante il corso utilizzando il linguaggio tecnico scientifico acquisito.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione complessiva della prova progettuale e della prova orale è espressa in trentesimi come media aritmetica delle due prove con votazione minima di 18/30. La lode è concessa agli studenti che abbiano prodotto un report scientifico di livello pregevole e che siano stati in grado di argomentare e rispondere a domande mirate concernenti gli argomenti trattati durante il corso.

### **Propedeuticità**

Nessuna propedeuticità specifica.

Fortemente consigliate nozioni di meccanica dei continui, materiali, anatomia e fisiologia.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Nonlinear Solid Mechanics: A Continuum Approach for Engineering, G.A. Holzapfel, ISBN: 978-0-471-82319-3, 2000.

Nonlinear Theory of Elasticity: Applications in Biomechanics, L.A. Taber ISBN-10: 9812387358

An Introduction to Biomechanics: Solids and Fluids, Analysis and Design, J.D. Humphrey ISBN-10: 1493926225

Dispense da parte del docente.

Presentazioni da parte del docente e da parte di esperti internazionali.

## **MISURE E STRUMENTAZIONE PER LA DIAGNOSTICA CLINICA (C.I.)**

<b>Moduli componenti</b>	Misure e Strumentazione Biomedica (6 CFU) Etica applicata (3 CFU)
<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/12 MED/43
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	I LM Biomedica 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 + 3
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	60 + 30
<b>Docenti</b>	Sergio Silvestri (Coordinatore) Vittoradolfo Tambone

### **Obiettivi formativi specifici**

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 in ambito clinico. 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 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.

Inoltre consente di aumentare la capacità di identificare problemi reali (esperienza del factum rationis) e risolverli con la competenza professionale. Permette allo studente di esercitarsi a gerarchizzare i problemi osservati (mettere a prova il proprio sistema assiologico) e di sperimentare cosa voglia dire mettere il finis operis a servizio del finis operantis (unita di vita nell'esercizio della professione).

### **Risultati di apprendimento specifici:**

#### 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.

#### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE APPLICATE

Lo studente dovrà essere in grado di descrivere il principio di funzionamento di una apparecchiatura biomedica 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 COMUNICATIVE

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro, appropriato, sintetico 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.

#### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRESIONE APPLICATE (Modulo Etica)

Aumentare la capacità di identificare problemi reali (esperienza del factum rationis) e risolverli con la competenza professionale.

Esercitarsi a gerarchizzare i problemi osservati (mettere a prova il proprio sistema assiologico).

Sperimentare cosa voglia dire mettere il finis operis a servizio del finis operantis (unità di vita nell'esercizio della professione).

## Programma

### Misure e Strumentazione Biomedica

Introduzione (3 ore lezione)

La strumentazione biomedica: 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 ore lezione)

Comportamento meccanico dei polmoni. Modellistica. Grandezze fondamentali della meccanica polmonare. Spirometria. Pneumotacografia. Pletismografia.

Macchine per anestesia (7 ore lezione, 5 ore esercitazione)

Introduzione e principio di funzionamento. Schema di principio. Agenti anestetici principali. Vaporizzatore. Circuito paziente chiuso ed aperto.

Ventilatori polmonari (5 ore lezione, 5 ore 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 ore lezione)

Introduzione e fisiologia. Metodi non invasivi: metodo del polso, auscultatorio, oscillometrico. Considerazioni sulle cause di incertezza con metodi non invasivi. Metodi invasivi, cause di incertezza, analisi delle caratteristiche metrologiche del sistema di misura con catetere.

Elettrocardiografo ed elettroencefalografo (7 ore 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 ore lezione)

Funzione del pacemaker e schema di principio. Pacemaker sincrono ed asincrono. Codice ICHD. Alimentazione. Elettrocateri. Programmazione del pacemaker e controllo del paziente.

Defibrillatore (5 ore lezione)

Defibrillatore in corrente alternata e continua. Impiego sincronizzato. Defibrillatori impiantabili.

Pompe per infusione (3 ore 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.

Elettrobisturi (5 ore 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.

### **Etica applicata**

Introduzione (1 ore lezione)

Sistema assiologico per l'Ingegneria Biomedica (2 ore lezione)

Principio di collegamento dei fini (Finis Operis e Finis Operantis) (2 ore lezione)

Training nei vari reparti dell'ospedale sotto la supervisione di un medico del policlinico (20 ore)

Brainstorming (5 ore)

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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 + 5 ore). Esercitazioni dimostrative di tipo applicativo in laboratorio (10 ore). Training nei vari reparti dell'ospedale sotto la supervisione di un medico del policlinico (20 ore). Brainstorming (5 ore).

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

È possibile sostenere la verifica del modulo di Misure e Strumentazione Biomedica solo dopo aver sostenuto positivamente la verifica del modulo di Etica Applicata.

Misure e Strumentazione Biomedica: Le conoscenze, la comprensione e le capacità acquisite 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 è superato solo se si consegue una votazione maggiore o uguale a 18/30.

Etica Applicata: Le conoscenze, la comprensione e le capacità acquisite vengono verificate mediante una prova orale in cui viene richiesto di esporre attraverso presentazione power point 1) il problema identificato durante il periodo trascorso presso i reparti del policlinico, 2) le soluzioni trovate dallo studente per risolvere il problema identificato, 3) la valutazione etica della soluzione migliore mediante il Sistema Assiologico. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame è superato solo se si consegue una votazione maggiore o uguale a 18/30.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Misure e Strumentazione Biomedica: Al fine di valutare le conoscenze, la comprensione e le 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, 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 la valutazione assegnata sarà la media dei punti ottenuti dallo studente per ciascun argomento.

Etica Applicata: Al fine di valutare le conoscenze, la comprensione e le competenze acquisite, a ciascuno studente sarà chiesto di esporre attraverso presentazione power point 1) il problema identificato durante il periodo trascorso presso i reparti del policlinico, 2) le soluzioni trovate dallo studente per risolvere il problema identificato, 3) la valutazione etica della soluzione migliore mediante il Sistema Assiologico. I docenti assegneranno alla presentazione un punteggio fino ad un massimo di 31 punti. Al termine dell'interrogazione la valutazione assegnata sarà la media dei punti ottenuti dallo studente per ciascun argomento.

È possibile sostenere la verifica del modulo di Misure e Strumentazione Biomedica solo dopo aver sostenuto positivamente la verifica del modulo di Etica Applicata.

Sul voto finale la valutazione di Etica Applicata peserà 1/3 e la valutazione di Misure e Strumentazione Biomedica peserà 2/3. La lode sarà assegnata per un punteggio finale superiore a 30.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I, Springer

J. G. Webster "Medical Instrumentation: Application and Design" Wiley

Etica Biomedica: Appunti delle lezioni

Ulteriore materiale didattico verrà comunicato dal docente all'inizio delle lezioni e/o caricato su e-learning

# PRINCIPI DI PROGETTAZIONE ERGONOMICA

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 48 ore

**Docenti** Loredana Zollo  
Stefania Spada  
Francesco Draicchio

## Obiettivi formativi specifici:

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:
  - 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;
  - competenze sugli strumenti di modellazione e progettazione.

## Risultati di apprendimento specifici:

### Conoscenza e capacità di comprensione

Principi alla base della progettazione degli ambienti di lavoro con un approccio di tipo "user-centred".

Metodi e strumenti di valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico, direttive e standard ergonomici, principi di riduzione del rischio in ambiente lavorativo

Criteri di progettazione ergonomica del lavoro e di gestione del rischio e sicurezza sul lavoro

### **Conoscenze e capacità di comprensione applicate:**

Capacità di impostare con approccio "user-centred" il progetto di macchine, sistemi e ambienti pensati per l'interazione, la cooperazione o l'interfacciamento con l'uomo in contesti lavorativi

Capacità di applicare i metodi e gli strumenti più usati per la valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico, le direttive e gli standard ergonomici, e i principi di riduzione del rischio in contesti lavorativi

Capacità di progettare postazioni di lavoro secondo gli standard ergonomici e di gestire il rischio e la sicurezza sul lavoro con metodi agiornati.

### **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.

### **Programma:**

- 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.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## Metodi e criteri di valutazione 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).

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

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.

## Propedeuticità / Prerequisiti:

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

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

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/34

**Anno di corso e semestre di erogazione**      1° anno, 1° e 2° semestre

**Lingua di insegnamento**      Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      15 CFU

**Numero di ore di attività didattica**      120 ore

**Docente**      Loredana Zollo

## Obiettivi formativi specifici

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.

## **Risultati di apprendimento specifici:**

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

Principi alla base dei sistemi robotici, degli schemi di funzionamento e delle metodiche di analisi, modellazione, progettazione e sviluppo

Strumenti software di ausilio alla modellazione e progettazione dei sistemi robotici

### **Conoscenze e capacità di comprensione applicate:**

Capacità di applicare metodi e strumenti di elettronica, informatica, automatica e meccanica all'analisi di sistemi complessi quali quelli robotici per applicazioni industriali e mediche.

Sviluppare, con metodiche avanzate, sistemi robotici che integrino la componente umana, proponendo anche soluzioni innovative per singoli componenti o per il sistema integrato.

Capacità di utilizzare gli strumenti software di ausilio alla simulazione, modellazione, e programmazione dei sistemi robotici, per applicazioni in ambito biomedico e in contesti di interazione con l'uomo.

### **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.

## **Programma**

- 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 quaternione; Cinematica diretta.

*Cinematica* differenziale e statica – Cinematica differenziale; Jacobiano geometrico e jacobiano analitico; Singolarità 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'.*

- 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).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale, prova scritta 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, in forma scritta o orale, 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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:

10/15 del voto finale assegnato mediante la prova orale;

3/15 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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Fondamenti di Matlab

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer 2010.

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.

# STRUMENTAZIONE DIAGNOSTICA DI MEDICINA NUCLEARE E IMAGING IBRIDO

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48 ore
<b>Docente</b>	Luca Tognoli

## Obiettivi formativi specifici

Scopo del corso è quello di fornire allo studente le informazioni necessarie per la conoscenza dei principi su cui è fondata la strumentazione diagnostica utilizzata in medicina Nucleare per ottenere immagini anatomicofunzionali e la integrazione nell'Imaging Ibrido.

L'aspetto formativo sui fondamenti viene integrato dalla analisi delle principali tecnologie utilizzate e dalle applicazioni in campo diagnostico e terapeutico.

L'elevata complessità delle apparecchiature rende necessario, con una adeguata conoscenza dei fenomeni fisici e delle criticità connesse alla tecnologia imaging ibrido, una valutazione oltre che tecnica anche economica per una corretta implementazione nell'ambiente ospedaliero. Si analizzeranno i processi di produzione dei radiofarmaci, le problematiche tecniche e cliniche del loro impiego.

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 Medicina Nucleare ed imaging ibrido ed effettuare la scelta della tecnologia più adatta in base alle necessità cliniche.

## Risultati di apprendimento specifici

### Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti la strumentazione di Medicina Nucleare e di Imaging Ibrido, la conoscenza dei principi di funzionamento e di alcune peculiarità tecnologiche della strumentazione maggiormente diffusa ed utilizzata in ambito sanitario.

### Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo studente dovrà essere in grado di descrivere il principio di funzionamento di uno strumento per la diagnostica in Medicina Nucleare ed imaging ibrido soprattutto in relazione alle patologie più comuni. Dovrà comprendere i processi che portano alla certificazione degli impianti per in grado di scegliere e valutare l'impiego di un sistema volto a soddisfare specifiche necessità cliniche.

### Autonomia di giudizio

Potrà analizzare in autonomia, potrà applicare ed elaborare idee originali per una corretta gestione tecnica degli impianti.

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso simulazioni e case study sugli argomenti del programma del corso.

### **Abilità nella comunicazione**

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro, sintetico e con appropriato linguaggio ingegneristico. 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.

## **Programma**

Radionuclidi e radiofarmaci per diagnostica: produzione ed impiego in Medicina Nucleare per gli esami anatomico-funzionali. Dosimetria della 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. Il processo di progettazione e certificazione delle apparecchiature. La classificazione dei dispositivi in ambito europeo con una analisi delle criticità derivanti dalla tecnologia ibrida.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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. Analisi del processo di classificazione e certificazione di un dispositivo

Esercitazioni pratiche della durata di 8 ore complessive nel nuovo reparto di Medicina Nucleare 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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 una sintetica relazione tecnica ed una breve presentazione, che peseranno complessivamente per il 30% sul voto finale, su un quesito di ingegneria clinica applicata alle macchine studiate con una semplice esercitazione numerica per dimostrare l'abilità a calcolare decadimenti radioattivi e parametri funzionali dei generatori di radionuclidi.

L'argomento modelli matematici di diffusione del radiofarmaco è escluso dalla verifica dell'apprendimento.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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

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.

L'approfondimento particolare di uno degli argomenti permetterà di conseguire la lode.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

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

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/12

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° LM Biomedica 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 60

**Docente** Sergio Silvestri

## Obiettivi formativi specifici

Scopo del corso è quello di fornire allo studente la conoscenza dei principi su cui è fondata la strumentazione diagnostica per immagini maggiormente utilizzata nelle strutture ospedaliere. 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.

## Risultati di apprendimento specifici

### 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.

### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE APPLICATE

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 COMUNICATIVE

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro, appropriato, sintetico 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.

## Programma

### La fisica della radiazione X ed il danno biologico (11 h)

Introduzione. Descrizione di un impianto radiologico. La radiazione elettromagnetica X. Spettro di emissione. Assorbimento. Coefficiente di attenuazione. Contrasto, risoluzione e SNR. Grandezze dosimetriche. Azioni biologiche delle radiazioni ionizzanti.

### La generazione dei raggi X ed il tubo radiogeno (10 h)

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)

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 (4 h)

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)

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)

Principi generali di tomografia. La stratigrafia. Apparecchiature speciali. La stereotassi.

### Tomografia assiale computerizzata (6 h)

I principi fisici alla base della formazione dell'immagine ricostruita. Attenuazione e unità HU. Il sinogramma. Detettori. La ricostruzione tomografica.

### Tomografia ad ultrasuoni (6 h)

La fisica degli ultrasuoni. Grandezze acustiche caratteristiche. La propagazione degli ultrasuoni, diffusione e trasmissione della radiazione. Sonde ecografiche. Risoluzione assiale e laterale. La formazione dell'immagine ecografica. Eco-Doppler. Color e Power Doppler.

### Tomografia a Risonanza Magnetica (4 h)

Il fenomeno della Risonanza Magnetica. Tempi di rilassamento. Gradienti. La formazione dell'immagine, il k-space. Sequenze. Tomografo a risonanza magnetica.

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

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).

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Le conoscenze, la comprensione e le capacità acquisite vengono verificate mediante una prova orale in cui

viene richiesto di esporre argomenti specifici e di saper applicare i concetti appresi a casi concreti. L'argomento Tomografia a Risonanza Magnetica è escluso dalla verifica dell'apprendimento. Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame è superato solo se si consegue una votazione maggiore o uguale a 18/30.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Al fine di valutare le conoscenze, la comprensione e le 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 la conoscenza e la comprensione dell'argomento nonché 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. Per 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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

F.P. Branca, "Fondamenti di Ingegneria Clinica" Vol. I, Springer.

J.T. Bushberg et al. "The Essential Physics of Medical Imaging" LWW

A.B. Wolbarst, G. Cook "Physics of Radiology "

## **TELEMATIC APPLICATIONS**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Paolo Soda

### **Obiettivi formativi specifici**

Il Corso di Applicazioni Telematiche ha come principale obiettivo quello di fornire agli studenti: i) i fondamenti delle tecnologie e dei protocolli di comunicazione di una moderna rete di calcolatori, sia a livello infrastrutturale che applicativo, ii) i concetti di base per la progettazione concettuale di una rete e dell'infrastruttura sottostante, iii) le necessarie conoscenze per affrontare l'analisi e lo studio di una rete distribuita di calcolatori.

## **Risultati di apprendimento specifici**

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

Saper progettare e analizzare una rete distribuita di calcolatori, con particolare riferimento alla topologia, all'architettura ed ai principali protocolli utilizzati per la trasmissione delle informazioni tra calcolatori.

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 una rete di calcolatori da utilizzare per risolvere casi applicativi reali.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà saper progettare una rete di calcolatori in un opportuno ambiente di simulazione, e saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà saper sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## **Programma**

Le reti di calcolatori (in parentesi la frazione di ore assegnate a ciascun argomento):

- Introduzione (~3%)
- Modello ISO/OSI e TCP/IP (~3%)
- Livello Fisico, Data Link, Switch, MAC Table (~8%)
- Livello Network, Router, Routing Table (~9%)
- Il progetto di reti IP, piano di indirizzamento e dimensionamento, subnetting, routing statico e dinamico (distance vector, rip, ripv2, igrp, ospf) (~9%)
- VLAN (~5%)
- Il livello di trasporto (TCP, UDP) (~8%)
- Application, Presentation, Session Layer (HTTP, HTTPS, DNS, SMTP, POP, IMAP, Peer2Peer) (~9%)
- Sicurezza: ACL, tipologia di attacchi, vulnerabilità, strategie di mitigazione (~3%)
- Laboratorio: configurazione, test e risoluzione di problemi in contesti reali o in ambienti di progettazione/ simulazione (~35%)
- Attività esterna: visita ad una sala CED (centro elaborazione dati), sala POP (Point of presence), sala switch (~4%)
- Analisi delle principali Iniziative Italiane nel E-health: la rete dei medici di base, Telemedicina, il fascicolo sanitario elettronico, CUP, ePrescription, Flussi (~4%)

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al calcolatore, 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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 in sede di esame sotto forma di laboratorio, che sarà poi

discussa in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare gli strumenti per progettare e implementare in opportuno ambiente di simulazione 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Nella prova pratica gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

La prova di laboratorio pesa il 30% nella definizione del voto finale.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

#### **Materiale didattico utilizzato**

Slide del docente

Introduction to Networks, Cisco

#### **Materiale didattico consigliato**

Reti di calcolatori e Internet. Un approccio top-down. (7a ed.), J. Kurose, K. Ross Pearson, 2017

## TISSUE ENGINEERING

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/34
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48 ore
<b>Docente</b>	Alberto Rainer

### Obiettivi formativi specifici

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.

### Risultati di apprendimento specifici

#### Conoscenza e capacità di comprensione:

Conoscenza dei principi dell'ingegneria tissutale

Conoscenza delle principali tecniche di caratterizzazione chimico-fisica e biologica applicati nell'ingegneria tissutale

#### Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

Capacità di progettare e realizzare costrutti di ingegneria tissutale

#### Autonomia di giudizio:

Capacità di effettuare in modo autonomo scelte inerenti l'analisi dei requisiti e la progettazione di prodotti di ingegneria tissutale

#### Abilità comunicative:

Capacità di dialogare con professionisti del settore utilizzando un lessico specifico

#### Capacità di apprendere:

Capacità di estendere il bagaglio di conoscenze acquisite durante il corso in modo autonomo fruendo della letteratura scientifica di settore.

### Programma:

**Parte I (12h):** 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 (8h):** lo scaffold; biomateriali per l'ingegneria tissutale; utilizzo di fattori di crescita e cellule staminali nell'ingegneria tissutale.

**Parte III (8h):** esempi applicativi: osso, cartilagine, cute, vasi sanguigni; bioreattori e device microfluidici per l'ingegneria tissutale; cenni di meccanobiologia.

**Parte IV (20h):** metodologie di laboratorio di ingegneria tissutale.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso avrà un taglio fortemente applicativo e fornirà le competenze di base dell'ingegneria tissutale, integrando lezioni frontali con esercitazioni di laboratorio a gruppi, che si avvarranno della strumentazione disponibile presso il Laboratorio Didattico di Chimica e il Laboratorio di Ingegneria Tissutale.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'apprendimento sarà valutato mediante una prova scritta a stimolo chiuso (3 domande) con risposta aperta della durata di 2 ore.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Per superare l'esame con un voto prossimo a 18/30, lo studente deve dimostrare di aver acquisito una conoscenza sufficiente dei principi fondamentali dell'ingegneria tissutale, e di saper relazionare con sufficiente dettaglio le esperienze di laboratorio.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccontare in maniera logica e coerente le nozioni teoriche con le esperienze di laboratorio.

## **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali sono considerate utili.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense distribuite dal docente e pubblicazioni scientifiche, disponibili 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

### Moduli componenti

L'insegnamento è strutturato in due moduli:

**Modulo A** – Valutazione del Rischio (Valutazione e gestione del rischio e protezione dei dati personali in sanità)

**Modulo B** - Elementi di Diritto ( Valutazione del rischio e sicurezza sul lavoro in ambito sanitario)

### Settore scientifico-disciplinare (SSD)

Modulo A – ING-IND/33

Modulo B – IUS/07

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno – 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6 CFU complessivi:

Modulo A – Valutazione del Rischio (Valutazione e gestione del rischio e protezione dei dati personali in sanità) = 4 CFU

Modulo B - Elementi di Diritto (Valutazione del rischio e sicurezza sul lavoro in ambito sanitario) = 2 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 48 ore complessive:

Modulo A – Valutazione del Rischio (Valutazione e gestione del rischio e protezione dei dati personali in sanità) = 32 ore

Modulo B - Elementi di Diritto ( Valutazione del rischio e sicurezza sul lavoro in ambito sanitario) = 16 ore

### Docenti

Leo Poggi (Valutazione del rischio e sicurezza sul lavoro in ambito sanitario)

Silvano Bari (Valutazione e gestione del rischio e protezione dei dati in sanità)

### Obiettivi formativi specifici

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti 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 e gli standard utilizzati nella valutazione ed analisi del rischio, quali sono le modalità con cui effettuare una corretta gestione del rischio con specifico riferimento al mondo della sanità e dei dispositivi medici, quali sono le normative sulla protezione dei dati personali e sanitari e come applicarle per assicurarne la protezione.

### Risultati di apprendimento specifici

#### Conoscenza e capacità di comprensione

Comprensione degli standard e delle norme internazionali di valutazione e gestione del rischio, delle norme sulla protezione dei dati personali e delle leggi applicabili nell'esercizio della professione di ingegnere biomedico;

#### Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Capacità di effettuare una stima corretta del rischio in alcune situazioni pericolose comuni che possono presentarsi nell'ambiente di lavoro e consapevolezza delle problematiche e delle modalità con cui si verificano gli incidenti;

Conoscenza, comprensione e applicazione dei regolamenti nazionali e comunitari e delle best practices per ridurre al minimo i rischi legati alla gestione dei dati personali in particolare in ambiente sanitario;

Comprensione delle problematiche giuridiche relative al settore della fornitura ed utilizzo dei dispositivi medici, con riferimento particolare alle responsabilità civili e penali nell'ambito dei contratti per la produzione di beni o l'esecuzione di servizi.

### **Capacità di apprendimento**

Approfondimento personale di argomenti segnalati dai docenti e applicazione ad ambiti specifici dei concetti appresi;

### **Autonomia di giudizio**

Capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio nella valutazione delle normative di settore applicabili;

### **Abilità comunicative**

Capacità di sviluppare ed esporre, con chiarezza espositiva e proprietà di linguaggio, le interrelazioni tra i diversi aspetti multidisciplinari.

## **Programma**

Trattasi di corso multidisciplinare con forti interconnessioni tra le materie.

Una parte del corso è focalizzata sulla conoscenza degli elementi di diritto necessari per comprendere le problematiche giuridiche relative alla fornitura ed utilizzo dei dispositivi medici e sulle responsabilità civili e penali nell'ambito dei contratti per la produzione di beni o l'esecuzione di servizi.

Un'altra parte del corso è dedicata agli standard e alle metodologie di valutazione del rischio, alla conoscenza e applicazione della normativa sulla protezione dei dati personali, con specifico riferimento alle strutture che erogano prestazioni sanitarie, alla comprensione e prevenzione dei rischi che si possono presentare nel trattamento dei dati in sanità elettronica (e-health).

La parte centrale del corso, integrata da analisi critica di alcuni casi reali, fornisce gli elementi per comprendere i principali termini utilizzati nella analisi di rischio, il loro corretto utilizzo e stima in alcuni casi elementari; 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.

### **Introduzione al corso (Ing. Leo Poggi). Durata 2 ore**

Oggetto, fonti, metodo e definizioni fondamentali – Argomenti - Orari e metodiche di svolgimento delle lezioni - Domande e risposte – Il primo esempio di regolamentazione: il rischio industriale

### **Modulo A: Valutazione e gestione del rischio e protezione dei dati in sanità (Prof. Silvano Bari). Durata: 24 ore.**

#### 1. Il quadro normativo internazionale

- Le norme - La norma giuridica e le fonti del diritto - La norma tecnica e gli standard
- La valutazione della conformità e le certificazioni - Normativa tecnica e legislazione -
- La normazione europea

#### 2. Responsabilità penali e civili nella gestione della sicurezza e nei contratti

- Elemento oggettivo del reato: la condotta, l'evento, il rapporto di causalità- Elemento soggettivo del reato: dolo, colpa, preterintenzione – Codice civile e sicurezza sul lavoro – Codice penale e sicurezza sul lavoro – L'appalto, il contratto d'opera, il contratto di prestazione intellettuale – Elementi essenziali del contratto, rescissione e risoluzione – I documenti contrattuali, il capitolato generale e speciale

#### 3. Introduzione alla sicurezza e alla valutazione del rischio

- L'approccio alla sicurezza - Sicurezza e Safety - Rischio, gestione del rischio e norma tecnica UNI ISO 31000 - Fasi del risk management - Esempi di risk management in campo clinico

#### 4. L'analisi post incidente

La ricerca delle cause - Metodiche di analisi reattiva - La Root Cause Analysis - Esempi di Root Cause Analysis in campo clinico - I fattori che incidono sulla sicurezza - Le competenze non tecniche - I fattori umani nella percezione del rischio

#### 5. La protezione dei dati personali e la "privacy" – elementi generali

Evoluzione della legislazione sulla protezione dei dati personali e la "privacy" - Il nuovo Regolamento Europeo (GDPR) - Ambiti di applicazione - L'Autorità Garante per la protezione dei dati personali - Definizioni, tipologie ed esempi di dati personali: dati comuni, dati particolari

#### 6. Il Regolamento Europeo sulla protezione dei dati personali – Aspetti principali

Le figure di riferimento: Titolare, Responsabile, Incaricato, Data Protection Officer - Privacy by default e Privacy by design - I principali adempimenti del Titolare - Informativa e consenso - La gestione dei diritti dell'interessato

#### 7. La protezione dei dati personali – Misure di sicurezza, conformità e responsabilità

Misure idonee di sicurezza - Valutazione del rischio e analisi di impatto - Anonimizzazione e pseudonimizzazione - Esempi pratici di misure di sicurezza - La responsabilità per i danni causati: l'inversione dell'onere della prova - Come evitare (o limitare) le responsabilità - Sanzioni

#### 8. La protezione dei dati personali in ambito sanitario

Il trattamento di dati relativi alla salute - Particolarità dell'ambito sanitario - Informativa e consenso - Comunicazione dei dati all'interessato - Obblighi delle figure sanitarie per la protezione dei dati - Le prescrizioni del Garante per il rispetto della dignità degli assistiti nelle strutture sanitarie - Alcune pronunce del Garante su questioni sanitarie

#### 9. La sanità elettronica e la protezione dei dati

Cenni sulla sanità elettronica: obiettivi - Le principali attività di sanità elettronica - Le Linee Guida in tema di referti on-line - Cartella clinica, Fascicolo Sanitario Elettronico e Dossier Sanitario - La telemedicina

#### 10. La sicurezza dei dati in ambito clinico

Mondo ospedaliero e smart hospital - Internet of things (IoT) e Internet of Medical Things (IoMT) - I dispositivi medici: problemi emergenti di sicurezza e privacy dei dati - Come prevenire il rischio di perdita/sottrazione/blocco dei dati sanitari - Operatività quotidiana

#### 11. Imparare dagli incidenti: lavoro di gruppo su casi reali (I)

#### 12. Imparare dagli incidenti: lavoro di gruppo su casi reali (II)

### **Modulo B: Valutazione del rischio e sicurezza sul lavoro in ambito sanitario (Ing. Leo Poggi). Durata 22 ore**

#### 1. Atti legislativi di armonizzazione europea di interesse ingegneristico

La normativa europea per i prodotti – Atti legislativi di armonizzazione orizzontale per i prodotti – Responsabilità prodotti difettosi – Sicurezza generale prodotti – Nuove sfide in termini di sicurezza – Elenco atti legislativi di armonizzazione verticale per i prodotti

#### 2. Analisi del rischio

Analisi dei rischi – Identificazione dei pericoli – Evento, esposizione – Stima dei elementi del rischio – Imparare dagli incidenti

#### 3. Valutazione ed accettabilità del rischio

Stima del rischio – Valutazione del rischio – Accettabilità del rischio – Il rischio affrontato a sistema: regolamenti REACH e CPL

#### 4. Valutazione e riduzione del rischio per le macchine

La sicurezza integrata nel progetto per i prodotti – Il concetto di barriera – La direttiva macchine 2006/42/CE ed il D.Lgs 17/10 – Tipologia di norme armonizzate con la direttiva macchine – Strategia per la valutazione del rischio nelle macchine – Introduzione alla FMEA

5. Valutazione del rischio in ambiente di lavoro

Cultura della prevenzione – Principi della salute e sicurezza sul lavoro SSL – I considerando della 89/391/CEE – Il decreto legislativo 81/08 – Le misure generali di tutela – Rischio macchine sul luogo di lavoro

6. L'ospedale edificio complesso

L'edificio: per i componenti regolamento UE 305, per la struttura cenni sulla sicurezza delle costruzioni – Gli impianti: la sicurezza integrata nel progetto, la sicurezza intrinseca, la regola dell'arte, le figure di garanzia, il DPR 462/01, il DM 37/08, il D.Lgs 81/08 – Le forniture: aria, acqua, vettori energetici, gas medicinali.

7. L'ospedale ambiente di lavoro multirischi (I)

Descrizione del rischio, inquadramento europeo e nel D.Lgs 81/08, criteri di valutazione: rischio incendio, esplosione, elettrico, meccanico, scoppio

8. L'ospedale ambiente di lavoro multirischi (II)

Descrizione del rischio, inquadramento europeo e nel D.Lgs 81/08, criteri di valutazione: rischio fisico, chimico, biologico – Rischio da radiazioni ionizzanti sul luogo di lavoro, la direttiva 2013/59 EURATOM

9. Il regolamento europeo sui dispositivi medici

Il regolamento UE 2017/745 – In attesa di norme armonizzate con il nuovo regolamento

10. Valutazione dei rischi nei dispositivi medici

La norma tecnica ISO 14971 – Uso e caratteristiche di sicurezza del D.M. - Approfondimento del concetto di rischio applicato ai D.M. - Le norme della serie ISO 110993 e la valutazione di biocompatibilità per i D.M.

11. Gestione del rischio e usabilità dei dispositivi medici

Gli elettromedicali e la norma base 60601 – Fattori umani, ergonomia, usabilità – Errore d'uso – Esame di alcuni avvisi di sicurezza riportati dal Ministero della salute

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (con il supporto di presentazioni in Powerpoint) in cui si illustrano gli argomenti del corso di tipo teorico e pratico, con esempi in particolare di applicazione sui dispositivi biomedici (durata: 34 ore).

Esercitazioni in aula per esemplificare l'impiego degli strumenti teorici illustrati (durata 4 ore), con utilizzo di applicazioni informatiche.

Lavori di gruppo con utilizzo di tecniche di role playing (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).

Una lezione sarà dedicata ad interventi – in presenza e/o a distanza - di esponenti del mondo del lavoro nell'ambito del settore sanitario, di ex studenti impiegati in aziende del settore e di autorità del mondo ingegneristico, normativo e della certificazione (2 ore).

Verranno inoltre esaminati casi reali che integrano vari aspetti del corso, con la possibilità di una ampia esposizione come prova d'esame.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 moduli del corso oppure la possibilità dell'esame di un caso reale (affrontato in aula) che integra i vari aspetti del corso.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

Tesi di laurea: possibilità di scelta su temi di valutazione del rischio con tirocinio presso il Servizio Prevenzione e Protezione del Policlinico Campus Biomedico.

### **Propedeuticità /Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense fornite dai docenti. Inoltre verrà distribuito materiale relativo alla dottrina e alle decisioni giurisprudenziali più significative ed alle norme tecniche oggetto di studio

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



## **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),.

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 dalle normative 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.

## 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, all'accordo di Parigi del 2015, fino al recente "Green Deal Europeo", l'attenzione verso la lotta ai cambiamenti climatici e al degrado ambientale sono ritenuti elementi alla base dello sviluppo economico e sociale. L'esigenza di progettare un futuro sostenibile può essere alla base di una formazione universitaria che affonda le proprie radici nell'ingegneria chimica, disciplina che si occupa della progettazione ed ottimizzazione di una vasta gamma di processi produttivi e di trasformazione delle sostanze e dei materiali. Si è strutturato, pertanto, un Corso di Studio con l'obiettivo formativo di acquisire competenze tecniche per intervenire sullo stato chimico, biochimico o fisico delle sostanze in impianti che operano nei settori industriali (internazionali) di riferimento (e.g. industria energetica, chimica, alimentare, biotecnologica e farmaceutica) dal farmaceutico al ciclo dei rifiuti) con lo specifico focus della sostenibilità e del miglioramento della qualità della vita. Quindi, oltre ai tradizionali insegnamenti tipici del settore che permettono all'ingegnere di assumere responsabilità nella conduzione e nella progettazione di impianti di processo, i corsi della Laurea in **Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile presentano un particolare focus nei settori dell'economia circolare, della riduzione delle emissioni inquinanti e dei gas serra e più in generale della riduzione dei rischi e degli impatti ambientali.**

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 percorsi formativi:

- 1) **Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia**, con l'obiettivo di formare figure tecniche specializzate a operare nei settori dell'impiantistica e della progettazione di impianti industriali con focus particolare nel settore dei combustibili e dell'energia.
- 2) **Tecnologie per l'Economia Circolare**, con l'obiettivo di formare figure tecniche specializzate a operare nel settore del ciclo delle materie prime seconde, fornendo agli studenti maggiori competenze nell'ambito delle biotecnologie, settore in continua crescita ad alto contenuto d'innovazione, ma spesso carente di un approccio ingegneristico.

La Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile con un'offerta formativa organizzata nei 2 citati percorsi formativi, nasce dalla richiesta sempre maggiore (da parte degli stakeholder pubblici e privati) di produzioni sostenibili e centrate sulla circular economy e, cioè, sul principio di ridurre l'emissione di scarti ed inquinanti, mantenere in uso prodotti e materiali e rigenerare i sistemi naturali.

Più in particolare, la Green Chemistry italiana, con le sue moderne bioraffinerie, guarda alle biotecnologie per la produzione di biochemical (e.g. lubrificanti, solventi, detersivi, bioplastiche) che costituiscono già oggi una valida alternativa ai prodotti della petrolchimica tradizionale. Anche in Italia la Bioeconomia, intesa come modello di crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, basato sull'utilizzo delle biomasse per la produzione di

biomateriale ed energia, è una realtà decisamente consolidata, che già oggi vale circa 244 miliardi di Euro e dà lavoro a più di 1,5 milioni di persone.

I Laureati Magistrali in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo sostenibile a 5 anni presentano un tasso di occupazione del 100% (dati Career Service di Ateneo, 2018) e, secondo le statistiche del Centro Studi CNI a cinque anni dalla laurea ben l'86,4% dei laureati in ingegneria chimica trova lavoro, con un guadagno netto medio mensile di 1.752€ (laurea magistrale alla mano) superiore a quello conseguito con un Laurea Magistrale di qualsiasi altra classe.

L'Ingegnere Chimico per lo Sviluppo Sostenibile formato attraverso i percorsi formativi "Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia" e "Tecnologie per l'Economia Circolare" è, quindi, una figura professionale richiesta dal mercato del futuro poiché è un Ingegnere in grado di sviluppare soluzioni innovative in grado di rendere disponibili, nel più breve tempo possibile, i prodotti richiesti dal mercato ottemperando, nello stesso tempo, ai vincoli economici, giuridici e ambientali.

Questa figura professionale risponde, quindi, alle esigenze delle industrie di trasformazione di domani che centeranno la loro produzione principalmente su: riduzione degli impatti ambientali, materiali tecnologicamente avanzati, farmaci più efficaci e metodi più efficienti ed eco-compatibili per l'ottenimento di acqua e cibo.

La poliedricità e la competitività, a livello globale, delle figure professionali formate dal Corso di Studio è basata da un lato sull'acquisizione di **solide competenze nelle discipline di base** dell'ingegneria chimica, dall'altro sull'acquisizione di **competenze ingegneristiche e professionalizzanti** relative ai processi industriali, all'impiantistica, alle biotecnologie, agli aspetti ambientali e di sicurezza. La formazione è caratterizzata, inoltre, da una forte componente interdisciplinare e da un continuo aggiornamento dei contenuti degli insegnamenti, realizzato anche attraverso un forte collegamento con le eccellenze nello scenario internazionale del mondo del lavoro grazie al **Comitato Università-Impresa - Sezione Ingegneria Chimica** creato al fine di coinvolgere il mondo produttivo nella definizione e nell'aggiornamento del piano di studi, nonché degli obiettivi di ricerca e di sviluppo tecnologico. Lo stretto contatto con le aziende si traduce in un percorso formativo integrato con un ingresso programmato dei nostri Ingegneri nel mondo del lavoro: nell'ultimo biennio 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 a circa l'80% del totale dei tirocini della Facoltà Dipartimentale di Ingegneria.

Le figure formate, portatrici di una elevata capacità di innovazione e progettazione, hanno le competenze per operare con successo nei settori della progettazione e costruzione, della gestione operativa, del controllo, della sicurezza e della tutela ambientale e nel *management e marketing* di impianti, sistemi e servizi industriali.

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.

**OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NELL'A.A. 21/22**

<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
Inglese Generale	3	L-LIN/12	I
Green Chemistry & Sustainability (c.i.)	9	CHIM/07 M-FIL/02	I
Economics and Business Management	9	ING-IND/35	I
Processi Biotech	12	ING-IND/24	II
CURRICULUM A-B*	6		annuale
	<b>57</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>
Dynamics and Control of Chemical Processes (erogato in lingua inglese)	9	ING-IND/25 ING-INF/04	I
Reattori chimici	9	ING-IND/24	I
CURRICULUM A-B *	21		I-II
Esame a scelta dello studente **	12		II
Prova finale	12		
	<b>63</b>		

**\*INSEGNAMENTI DEL CURRICOLO SCELTO DALLO STUDENTE****CURRICULUM A – Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	semestre
I	Processi Energia-Ambiente	6	ING-IND/25	II
II	Materials Technology and Corrosion (erogato in lingua Inglese)	6	ING-IND/22	I
II	Progettazione Meccanica degli Impianti	9	ING-IND/25	I
II	Impianti chimici avanzati	6	ING-IND/25	II

**CURRICULUM B – Tecnologie per l'Economia Circolare**

Anno	Insegnamento	CFU	SSD	semestre
I	Tecnologie e innovazione dei prodotti chimici	6	ING-IND/23	II
II	Bioteecnologie industriali e Bioraffinazione	9	ING-IND/24	I
II	Sviluppo, modellazione e ottimizzazione dei processi sostenibili	6	ING-IND/25	I
II	Laboratorio di modellazione e simulazione per le bioteecnologie	6	MAT/07	II

**\*\*INSEGNAMENTI A SCELTA DELLO STUDENTE PER 12 CFU AL II ANNO**

Insegnamento	CFU	SSD	Semestre
Smart Grid ed Energie Rinnovabili	6	ING-IND/33	II
Sicurezza degli Impianti Chimici	6	ING-IND/25	II
Strategie di Innovazione Tecnologica	6	ING-IND/35	II
Tecnologie e Bioprocessi per l'Industria Alimentare	6	ING-IND/25	II
Transizione energetica e tecnologie per l'economia circolare	6	ING-IND/24	II
Cyber Security per Operational Technologies	6	ING-INF/04	II
Machine Learning & Big Data Analytics	6	ING-INF/05	II

N.B. L'offerta formativa sopra riportata è rivolta agli studenti che si immatricolano nell'a.a. 2021/2022. 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
<b>I semestre</b>	<b>Didattica frontale</b> (Solo per I°anno) dal 25 ottobre 2021 al 22 dicembre 2021 (Per il II° anno) dal 20 settembre 2021 al 22 dicembre 2021	<b>1ª sessione ordinaria</b> dal 10 gennaio 2022 al 05 marzo 2022	<b>Vacanze di Natale *</b> dal 23 dicembre 2021 al 08 gennaio 2022
<b>II semestre</b>	<b>Didattica frontale</b> dal 1° marzo 2022 al 1° giugno 2022	<b>2ª sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2022 al 30 luglio 2022 <b>3ª sessione ordinaria</b> dal 25 agosto 2022 al 1° ottobre 2022	<b>Vacanze di Pasqua *</b> dal 14 aprile 2022 al 19 aprile 2022

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

Per l'A.A. 2021-2022 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1° Novembre 2021

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2021

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2022

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2022

Festa del lavoro: 1° maggio 2022

Festa della Repubblica: 2 giugno 2022

Festa di San Josemaria Escrivà de Balaguer: 26 Giugno 2022

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2022

### SESSIONI DI LAUREA

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

**Sessione estiva:** dal 15 giugno al 30 luglio 2022

**Sessione autunnale** dal 1° ottobre al 30 novembre 2022

**Sessione invernale** dal 1° al 20 dicembre 2022

**Sessione straordinaria:** dal 6 febbraio al 12 maggio 2023

## 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 2021/2022; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2020/2021, 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.2021/2022*) devi effettuare la scelta del curriculum al momento dell'immatricolazione. La scelta degli esami opzionali da inserire nel piano di studi, dovrà essere invece effettuata alla fine del II semestre del I anno, nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà.

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, 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** dell'inizio del periodo indicato per la seduta dell'esame di Laurea a cui lo studente intende partecipare, presentare al Rettore domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tale domanda dovrà essere presentata su apposito modulo predisposto dalla Segreteria Studenti e disponibili on-line. La domanda dovrà essere sottoscritta 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
<b>A</b>	<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>B</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 09 alle 19</p> <p>Il laboratorio è dotato di postazioni di lavoro per un massimo di 45, ridotto a 30 per garantire il rispetto delle distanze di sicurezza prescritte dalle disposizioni in materia di prevenzione e diffusione del virus Covid-19</p>

## **SCHEDE DEGLI INSEGNAMENTI (in ordine alfabetico)**

*Le schede di seguito riportate si riferiscono ad insegnamenti erogati nell'a.a.2021/2022 per studenti del I e II anno*

**COMUNICAZIONE:** i metodi didattici e di verifica dell'apprendimento riportati nelle schede degli insegnamenti del Corso di Studio potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate

### **ANALISI E SIMULAZIONE DEI PROCESSI INDUSTRIALI**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	Ing-Ind/25
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Gaetano Iaquaniello

#### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso si propone di far apprendere allo studente gli strumenti necessari per l'analisi, simulazione e l'ottimizzazione di impianti e processi tipici dell'industria chimica. 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.

#### **Risultati di apprendimento specifici**

Lo studente è stimolato a sviluppare un approccio critico rispetto alla simulazione di schemi di processo dell'industria chimica. Lo studente è anche costantemente sollecitato a verificare autonomamente la fattibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti in termini di costi di produzione.

Lo studente apprenderà come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace ed utilizzando una espressione verbale tecnica idonea.

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia che include lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

## Programma

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 e simulazione dei reattori chimici attraverso software.
- 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. Teoria e introduzione nell'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

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

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. La parte esercitativa copre circa 80% del tempo delle lezioni.

## Metodi e criteri di valutazione 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.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

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.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Progettazione degli Impianti Chimici

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense del docente

Catalysis, Green Chemistry and Sustainable Energy, A. Basile, G. Centi, M. De Falco, G. Iaquaniello, Elsevier BV 2019

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

## DYNAMICS AND CONTROL OF CHEMICAL PROCESSES

**Moduli componenti** Dynamics and Control of Chemical Processes – Mod. A  
Dynamics and Control of Chemical Processes – Mod. B

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/25  
ING-INF/04

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docenti** Marcello De Falco - Mod. A  
Luca Faramondi - Mod. B

### Obiettivi formativi specifici

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. Inoltre, verranno forniti gli elementi conosciuti per la progettazione di DCS, PLC, SCADA e la definizione dei digital twin.

Al termine del corso, lo studente avrà tutti gli elementi per analizzare e progettare un controllore industriale.

### Risultati di apprendimento specifici

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.

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.

### Programma

#### 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 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.

### **Modulo B**

Concetto di controllo di processo e suoi obiettivi. Generalità sui sistemi di controllo.

Sistemi dinamici - Risposta dinamica, Trasformate di Laplace, Funzioni di trasferimento, Diagramma di Bode, Spazio di stato e Linearizzazione.

Tecniche di controllo di processo a retroazione di uscita e a retroazione di stato.

Il digital twin e elementi di fault detection

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 sui protocolli industriali.

Elementi di cyber security per Operational Technology.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali ed esercitazioni per l'applicazione dei concetti teorici a casi pratici.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze acquisite vengono verificate mediante una prova scritta, valida solo per il Modulo A, e una prova orale.

Per il **Modulo A**, la prova scritta ha lo scopo di valutare, mediante lo svolgimento di due esercizi, come le conoscenze e le abilità relative agli argomenti del corso sono state acquisite dallo studente. 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.

Successivamente, sempre per il Modulo A, 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 del Modulo A è calcolato come media delle due votazioni.

Per il **Modulo B** è previsto lo sviluppo di una tesina a gruppi e successivamente una prova orale, della durata media di 30', che prevede due domande sul programma del corso.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

Per la prova scritta del Modulo A, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 3 ore. La prova orale invece ha una durata media di 30' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

Per il Modulo B, il voto finale è calcolato tenendo conto della votazione dell'orale e della qualità della tesina.

Il voto finale dell'esame è calcolato come media pesata dei voti dei due Moduli.

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

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:

E. Seborg – Process Dynamics and Control

# ECONOMICS AND BUSINESS MANAGEMENT

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/35

**Anno di corso e semestre di erogazione**    1° anno (LMICSS) / 1° semestre

**Lingua di insegnamento**    Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      9

**Numero di ore di attività didattica**      72

**Docente**      Nicola Greco

## Obiettivi formativi specifici

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. 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.

## Risultati di apprendimento specifici

Al di là dell'apprendere nozioni necessarie a molte delle attività connesse con la progettazione, la pianificazione, la scelta di alternative, l'esecuzione ed il controllo dei progetti, lo studente maturerà una versatilità culturale che ne migliorerà tanto la partecipazione a progetti complessi gestiti da teams multidisciplinari, quanto la partecipazione consapevole e proattiva al teamwork. Quindi il risultato atteso è lo stimolo ad un allargamento

della visione culturale che, educando lo studente a correlare gli aspetti tecnici della sua preparazione con quelli applicativi anche dal punto di vista economico, e del business, possa tradursi in una maggiore consapevolezza dei contesti complessivi, ed in definitiva in una molto maggiore autonomia di giudizio. Allo stesso tempo il corso persegue il miglioramento della capacità di comunicare 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.

## **Programma:**

Nozioni Base di Economia aziendale

- Impresa, Mercato, Equilibri Economici, P.I.L.
- Costi fissi e costi variabili; costi marginali e ricavi marginali
- Elasticità

Aziende:

- Aziende Industriali: Aziende "Project based"; Stakeholders e Strumenti di comunicazione aziendale; Azionisti, Governance. Principi e modelli organizzativi.
- Elementi di Matematica finanziaria. Tasso Interno di Rendimento. Valore Attuale Netto. Attualizzazione dei Flussi di Cassa. Rendita perpetua
- 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 Contrattuali e Garanzie. Mitigazione dei rischi.
- Collaborazione tra Aziende. Controversie Contrattuali.

Progetti:

- I concetti essenziali relativi ai Progetti.
- Analisi e gestione dei Rischi di Progetto
- 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.

Approfondimenti:

### 1. Economia

I numeri della Sostenibilità nell'ottica dell'Ingegnere Chimico

Parigi 2015 e Obiettivi di Sostenibilità delle Nazioni Unite (17 SDG – 169 Targets)

I Fondi ESG

Le acquisizioni societarie ed il Private Equity

I sistemi monetari - Le criptovalute

## 2. Aziende

Porter: Catena del Valore; Modello delle 5 forze competitive; Strumento delle 3 strategie generiche  
Competenze Distintive  
Matrice BCG e Matrice di Ansoff  
Controllo Interno e Gestione del Rischio. Internal Audit  
Corporate Governance  
I Contratti FIDIC

## 3. Progetti

Schemi e Flussi delle Attività Principali:  
Processo  
Ingegneria  
Procurement  
Costruzione  
Avviamento

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche; tra queste ultime, in particolare, il percorso di preventivazione di un Impianto di Processo

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Esame scritto, seguito da prova orale.

L'esame scritto consiste in un esercizio numerico, basato in genere su applicazioni di matematica finanziaria ad un problema di business, ed in 9 quiz, di cui alcuni a risposta multipla.

La prova orale prevede l'approfondimento di due temi, in genere uno ascrivibile al contesto "Aziende" ed uno ascrivibile al contesto "Progetti". Il primo tema è a scelta dello studente.

Per la prova scritta è prevista una durata di 2 ore, mentre la prova orale ha una durata variabile tra 30 e 45 minuti.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto, espresso in trentesimi, sarà pari alla somma del voto conseguito nella prova scritta, con un massimo di 20 / 30, e la prova orale, con un massimo di 10 /30. Per la valutazione dell'orale la comprensione dei concetti sottostanti ai vari temi sarà considerata prevalente rispetto alla completezza della trattazione, per tenere conto della relativa diversità dei contenuti del corso rispetto al percorso didattico principale del corso di laurea, e per privilegiare la maturazione di una consapevole curiosità tematica rispetto all'apprendimento mnemonico.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense e slides del docente

"Principi di economia per l'impresa", di Mankiw, Taylor, Ashwin Ed. Zanichelli  
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.

La Bella A., Battistoni E., Economia ed Organizzazione Aziendale, APOGEO.

## GREEN CHEMISTRY & SUSTAINABILITY

<b>Moduli componenti</b>	Modulo A: Green Chemistry Modulo B: Sustainability
<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	Modulo A, Green Chemistry: CHIM/07 Modulo B, Sustainability: M-FIL/02
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	1° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	Modulo A, Green Chemistry: 6 CFU Modulo B, Sustainability: 3 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	Modulo A, Green Chemistry: 48 ore Modulo B, Sustainability: 24 ore
<b>Docenti</b>	Modulo A, Green Chemistry: Prof. Marcella Trombetta Modulo B, Sustainability: Prof. Marta Bertolaso

### Obiettivi formativi specifici

#### Modulo A: Green Chemistry

La "Green Chemistry" rappresenta una moderna piattaforma scientifica e tecnologica attraverso la quale si intendono sviluppare processi della chimica efficienti sia dal punto di vista chimico sia ambientale. Essa si occupa della valorizzazione delle biomasse, della minimizzazione dei rifiuti, della efficienza energetica e ambientale di un processo chimico.

#### Modulo B: Sustainability

Il corso, attraverso lezioni teoriche e casi di studio, intende fornire allo studente le conoscenze di base in tema di sostenibilità che ravvisi, nella possibile alleanza fra l'uomo e l'ambiente, una sfida cruciale per l'umanità nel terzo millennio. In particolare, verrà analizzato il rapporto tra essere umano, ambiente e società. Gli insegnamenti, incentrati sul valore di bene comune dell'ambiente, sono volti a promuovere un'idea di sviluppo umano integrale che chiama in causa le scelte e le responsabilità sia individuali che collettive, all'intersezione fra riflessione filosofica, scelte politiche, implicazioni economiche e rapporti giuridici. La tematica viene affrontata con approccio multidisciplinare.

### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE

#### Modulo A: Green Chemistry

Green Chemistry (Chimica verde) comprende un insieme di conoscenze utili per progettare la costruzione di prodotti, materiali e impianti con un impatto minimo sulla salute umana e sull'ambiente. Il corso introduce i principi di questa disciplina emergente fornendo gli strumenti necessari per apprendere le diverse procedure sintetiche (chimiche e biochimiche), le tecnologie BAT, il significato di rischio industriale, di tossicità e di ecotossicità. Il corso intende fornire agli Studenti una panoramica dei fondamenti della prevenzione dall'inquinamento, della chimica verde e dell'ingegneria verde con particolare riguardo al miglioramento della qualità dell'ambiente attraverso la prevenzione dei rischi connessi alla produzione e all'uso di sostanze chimiche nocive, tossiche o pericolose.

Questo corso si pone l'obiettivo di fornire le conoscenze necessarie per reinventare la chimica al fine di

ridurre l'impatto dei suoi prodotti e dei suoi processi industriali sulla salute umana e sull'ambiente. Nel corso si evidenzieranno esempi di sviluppi di successo della chimica verde e lo Studente sarà in grado di conoscere e comprendere i concetti emergenti indispensabili per guidare la chimica verde, la tossicologia ambientale, la catalisi eterogenea e la biocatalisi, la sostituzione di solventi e sostanze chimiche tossiche, le fonti energetiche e la riduzione dell'energia, l'intensificazione dei processi e processi intrinsecamente sicuri, la chimica del riciclo di prodotti e materiali.

### **Modulo B: Sustainability**

Il modulo si propone 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. Le lezioni avranno come risultato: a) il riconoscimento della centralità dei concetti di "ecologia" e "sostenibilità", a vantaggio di individuo, società e ambiente; b) la comprensione del legame tra essere umano e ambiente, nei suoi aspetti filosofici, antropologici, storico-sociali ed economico-giuridici.

### CAPACITÀ APPLICATIVE

#### **Modulo A: Green Chemistry**

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- 1) riconoscere e discutere i principali temi legati alla sostenibilità
- 2) comprendere le basi della chimica verde e riconoscere processi e prodotti chimici verdi
- 3) comprendere le considerazioni fondamentali sulle fonti energetiche alternative
- 4) comprendere la natura, la reattività e il destino ambientale delle sostanze chimiche organiche tossiche
- 5) comprendere le basi biochimiche degli organismi biologici e l'importanza della biomassa come fonte di sostanze chimiche ed energia
- 6) comprendere le recenti tendenze nelle questioni di settore relative alla sostenibilità e alla sicurezza con enfasi sulle normative nazionali e internazionali
- 7) comprendere le implicazioni sociali di alcuni problemi ambientali e le soluzioni proposte dalla chimica verde.
- 8) applicare i principi della chimica verde
- 9) produrre acqua adeguata alla tipologia di applicazione industriale
- 10) controllare l'impatto ambientale dei processi e dei prodotti chimici
- 11) gestire la sicurezza, il trasporto e l'etichettatura dei prodotti chimici pericolosi
- 12) utilizzare la biotrasformazione e biotecnologie
- 13) selezionare i solventi e le materie prime alternative per la green chemistry
- 14) applicare la catalisi per la chimica sostenibile
- 15) utilizzare il riciclo meccanico, termico e chimico

#### **Modulo B: Sustainability**

- a) L'acquisizione della capacità di ripensare il rapporto fra l'uomo e l'ambiente in una logica di sostenibilità; b) L'acquisizione della capacità di operare in contesti multidisciplinari.

### AUTONOMIA DI GIUDIZIO

#### **Modulo A: Green Chemistry**

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.

### **Modulo B: Sustainability**

L'acquisizione di autonomia nell'agire professionale e cioè della capacità di giudizio, della prudenza e della risolutezza nell'azione, come pure della lettura in chiave critica delle politiche ambientali ed energetiche, applicando i principi di "ecologia" e "sostenibilità".

#### ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE

### **Modulo A: Green Chemistry**

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.

### **Modulo B: Sustainability**

Si offrirà agli studenti l'opportunità di acquisire un linguaggio adeguato e categorie di pensiero utili alla comprensione della varietà di contesti in cui andranno ad operare.

#### CAPACITÀ DI APPRENDERE

### **Modulo A: Green Chemistry**

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.

### **Modulo B: Sustainability**

L'allenamento al pensiero critico e al costante aggiornamento scientifico e professionale come elementi-chiave dello sviluppo della professionalità. Questo avverrà soprattutto offrendo allo studente spunti tratti da settori diversi (scientifico, filosofico, sociale, giuridico ed economico).

## **Risultati di apprendimento specifici**

### **Modulo A: Green Chemistry**

Lo Studente deve dimostrare di:

- 1) saper applicare i principi della chimica verde
- 2) produrre acqua adeguata alla tipologia di applicazione industriale
- 3) saper controllare l'impatto ambientale dei processi e dei prodotti chimici
- 4) conoscere la legislazione sulla tossicità e sulla sostenibilità (REACH e leggi EU)
- 5) gestire la sicurezza, il trasporto e l'etichettatura dei prodotti chimici pericolosi
- 6) conoscere i biopolimeri e i prodotti naturali
- 7) conoscere e saper utilizzare la biotrasformazione e biotecnologie
- 8) saper selezionare i solventi e le materie prime alternative per la green chemistry
- 9) conoscere e saper applicare la catalisi per la chimica sostenibile
- 10) conoscere il riciclo meccanico, termico e chimico

### **Modulo B, Sustainability**

Lo studente dovrà dimostrare di:

- 1) aver compreso i concetti di "ecologia" e "sostenibilità", a vantaggio di individuo, società e ambiente nonché legame tra essere umano e ambiente, nei suoi aspetti biologici, filosofici, antropologici, storico-sociali ed economico-giuridici.
- 2) aver acquisito la capacità di integrare una prospettiva ecologica e sostenibile nelle scelte di vita e professionali;
- 3) aver acquisito autonomia nell'agire professionale, e cioè della capacità di giudizio, della prudenza e della risolutezza nell'azione, applicando i principi di "ecologia" e "sostenibilità".

- 4) aver acquisito abilità comunicative e relazionali necessarie per interagire nel mondo del lavoro.
- 5) aver acquisito capacità di pensiero critico come elemento-chiave per operare professionalmente.

## **Programma**

### **Modulo A: Green Chemistry**

Sostenibilità delle materie prime e delle fonti energetiche: risorse rinnovabili e non, i 12 principi della Green Chemistry e della Green Engineering, strumenti e metodologie per la valutazione del rischio chimico, tossicologico e ambientale, progettazione ecologica di prodotti chimici, polimeri e materiali.

Acqua per l'industria, per alimentazione e farmaceutica: proprietà dell'acqua, classificazione e analisi. Requisiti e usi. Principali trattamenti delle acque industriali.

REACH, le leggi EU e la sicurezza dei prodotti chimici: tossicologia, pericolosità ed esposizione, valutazione del rischio di tossicità, tipologie di pericolo, valutazione del rischio, prevenzione, mitigazione, clean production, sostituzione di sostanze chimiche tossiche/pericolose.

HAZMAT- trasporto di prodotti chimici pericolosi: codice Kemler, Kemler-ONU, direttive e regolamenti.

Miglioramento delle prestazioni ambientali dei processi industriali esistenti: metriche ecologiche, produzione più ecologica di materie prime chimiche, di materiali e di prodotti della chimica fine dall'industria, tecnologie BAT e le direttive europee.

Energia: fonti, efficienza, sicurezza: tipologie di combustibili e loro impatto ambientale, fonti energetiche non convenzionali: microonde, ultrasuoni, fotochimica ed elettrochimica.

Organismi viventi: struttura e metabolismo, biomasse e blocchi di Cn, biopolimeri e composti.

Bioraffineria: trasformazione di materie prime convenzionali in commodity, biocatalisi, colture energetiche, biocarburanti, solventi e specialità molecolari, applicazioni biotecnologiche.

Catalisi in green chemistry: catalisi eterogenea (acida, metallica, micellare, a trasferimento di fase), reagenti supportati, catalisi omogenea, biocatalisi.

Solventi alternativi per la Green Chemistry: VOC, fluidi supercritici, liquidi ionici/eutettici, liquidi espansi gassosi, liquidi polimerici.

Riciclo meccanico, termico e chimico: minimizzazione e controllo di effluenti e rifiuti, durabilità di prodotti e materiali, riciclo delle materie plastiche.

### **Modulo B: Sustainability**

- Ambiente e sostenibilità: una visione integrata
- evoluzione del concetto di ambiente e sviluppo sostenibile;
- il rapporto dell'uomo con l'ambiente naturale e l'uso delle risorse;
- obiettivi di tutela ambientale e il danno all'ambiente;
- il diritto di ogni uomo allo sviluppo e lo sviluppo umano integrale;
- la responsabilità della politica e la cooperazione internazionale;
- la nozione di bene comune;
- i rifiuti;
- etica dell'innovazione
- l'uomo, la scienza e la tecnica;
- la tecnologia per ottimizzare i processi produttivi;
- il rapporto dell'uomo con la realtà materiale nell'età della smaterializzazione;
- comunicazione ed etica dell'informazione.

Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento:

- Le tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento di seguito riportate potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

### **Modulo A: Green Chemistry**

Lezioni frontali in presenza che spiegano i contenuti del programma del corso ed esercitazioni-tutorial che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici delle conoscenze apprese: 48 ore.

### **Modulo B: Sustainability**

Il corso si articola in lezioni frontali con il supporto di presentazioni in PowerPoint: 24 ore.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Gli esami di Modulo A e Modulo B si terranno nelle date degli appelli d'esame calendarizzati e pubblicati sul sito web, sempre di Ateneo, al link <https://www.unicampus.it/didattica/offerta-formativa/lauree/facolta-ingegneria/facolta-ingegneria/ingegneria-chimica/piano-di-studi>.

#### **Modulo A: Green Chemistry**

Le conoscenze e le abilità relative alla green chemistry saranno verificate mediante una prova a quesiti a risposta multipla da svolgersi sulla pagina dell'insegnamento della piattaforma di elearning di Ateneo.

Lo Studente dovrà rispondere in 20 minuti a 15 quesiti a risposta multipla (d'ora in poi "prova a quesiti").

I 15 quesiti saranno equamente distribuiti tra i 10 punti dei risultati d'apprendimento specifici da verificare.

La prova a quesiti sarà sostenuta in presenza in aula, sul proprio PC portatile o, per gli Studenti che ne fossero sprovvisti, nel Laboratorio Multimediale di Ateneo. Lo Studente riceverà l'esito della sua prova a quesiti come punteggio espresso in trentesimi solo dopo che tutti gli Studenti partecipanti alla prova a quesiti stessa l'avranno completata.

#### **Modulo B: Sustainability**

L'esame consiste in una prova orale. Sarà valutata l'acquisizione dei contenuti teorici presentati durante il corso, nonché la capacità di esporli in modo lineare e strutturato con precisione di linguaggio, come pure la capacità di applicarli ad esempi pratici.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale di "Green Chemistry and Sustainability" sarà la media ponderata sui CFU tra i voti conseguiti nei 2 Moduli. Il voto finale sarà registrato sul libretto universitario dello Studente e su un verbale elettronico.

#### **Modulo A: Green Chemistry**

Lo Studente dovrà rispondere in 20 minuti a 15 quesiti a risposta multipla di cui:

- ogni quesito avrà 4 risposte (A, B, C, D) di cui una sola corretta;
- per ogni quesito si potrà selezionare una sola risposta;
- si conseguiranno 2 (due) punti per ogni risposta corretta; 0 (zero) punti per ogni risposta errata o non data;

Ogni prova a quesiti sarà diversa dall'altra e assegnata in maniera randomizzata dal sistema. La correzione della prova a quesiti, e quindi il calcolo del punteggio conseguito che corrisponde al voto del Modulo A espresso in trentesimi, è operata dal sistema di elearning per confronto con le risposte corrette caricate sulla piattaforma stessa. Ogni Studente riceverà solo il suo esito e, pertanto, il punteggio da lui conseguito, e non il risultato degli altri Studenti presenti.

Oltre al voto conseguito, lo Studente potrà rivalutare la sua prova a quesiti verificando a quali quesiti ha risposto correttamente e a quali non, venendo a conoscenza, in questo caso, della risposta corretta. Al termine della prova a quesiti la Commissione sarà a disposizione degli Studenti per rivedere assieme le risposte non date o date non corrette.

L'esame del Modulo A sarà superato se e solo se lo Studente conseguirà un punteggio maggiore o uguale a 18/30 e coinciderà con il voto finale se questo sarà minore del punteggio/voto massimo conseguibile con la prova a quesiti pari a 30/30.

Agli Studenti che conseguiranno il punteggio massimo pari a 30/30 sarà, infatti, data la possibilità di sostenere una prova orale, contestualmente all'esito della prova a quesiti stessa, per ambire alla Lode. Nella prova

orale allo Studente sarà posto 1 quesito sul programma volto a valutare la logica seguita dallo Studente nella risoluzione del quesito, l'impiego di un linguaggio appropriato nella risposta al quesito e, altresì, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo Studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Il quesito della prova orale vale 3 punti. Il voto finale del Modulo A sarà dato dai 30 punti conseguiti nella prova a quesiti alla quale saranno addizionati, o sottratti, i 3 punti conseguiti nella prova orale.

### **Modulo B: Sustainability**

L'esame consiste in una prova orale con voto espresso in trentesimi e il Modulo B dell'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto del Modulo B massimo conseguibile è 30/30 e Lode.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti:

Modulo A: Green Chemistry: conoscenze di matematica, fisica, termodinamica, chimica generale e chimica organica.

Modulo B: Sustainability: Nessuna.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

#### **Modulo A: Green Chemistry**

Le lezioni frontali e le esercitazioni-tutorial sono svolte utilizzando una lavagna elettronica/PC che consente di salvare gli scritti e di caricarli sulla pagina del corso nella piattaforma di elearning di Ateneo <https://elearning.unicampus.it/> al fine di consentire allo Studente di rivedere e approfondire gli argomenti trattati e trasformare in conoscenza quanto appreso a lezione e in capacità e competenze quanto svolto durante le esercitazioni.

Materiale didattico consigliato per lo studio in forma autonoma da parte dello Studente interessato all'approfondimento della disciplina:

P.T. Anastas, J.C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Editore: Oxford Un. Press

L. Constable, D. Constable,, Green Chemistry Metrics: Measuring and Monitoring Sustainable Processes, Editore: Wiley

M. Doble, A.Kumar, Green Chemistry and Engineering, Editore: Academic Press

#### **Modulo B: Sustainability**

Eventuali diapositive del docente e articoli saranno distribuiti durante il corso.

Materiale didattico consigliato per lo studio in forma autonoma da parte dello Studente interessato all'approfondimento della disciplina:

C. Giuliadori, P. Malavasi, Ecologia integrale, 2016

F. Manes, G. Puppi (a cura di), La cultura ambientale per la salvaguardia della persona e delle società umane, Libreria editrice vaticana, 2016

S. Jasanoff, A. Benessia, S. Funtowicz, L'innovazione fra utopia e storia, Codice Edizioni, 2010.

## IMPIANTI CHIMICI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/25
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	1° anno, 1° e 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docente</b>	Diego Barba

### Obiettivi formativi specifici

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.

Risultati di apprendimento specifici:

- 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).
- 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 dei propri elaborati 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.
- 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.
- 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.

### Programma

TRASFERIMENTO DI QUANTITÀ 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 sporcamento. 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.

#### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento:**

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.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritta 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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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.

Sinnot 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.

## **IMPIANTI CHIMICI AVANZATI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/25

**Anno di corso e semestre di erogazione** ICSS 2° anno – 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 48

**Docenti** Diego Barba  
Mauro Capocelli

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso si pone l'obiettivo di ampliare il panorama delle conoscenze nel settore di "Impianti Chimici", in particolare nel campo della progettazione di processo, allargando l'orizzonte verso gli strumenti che permettono di realizzare l'analisi di processo di impianti industriali. Il corso è organizzato in due fasi.

La prima nasce dalla convinzione della necessità di illustrare le strutture matematiche degli algoritmi su cui si basano gli attuali software di simulazione.

Nella seconda fase viene sviluppato un progetto industriale in stretta collaborazione con una grande Società di ingegneria, organizzando tutte le attività che conducono a definire i documenti di progetto normalmente utilizzati dalla società medesima.

### **Risultati di apprendimento specifici**

- Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di comprendere i principali metodi matematici relativi alle operazioni unitarie e di comprendere ed utilizzare i software e la documentazione tipica della progettazione di processo.
- Il corso lascia 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.
- La prova orale di esame ne rappresenta un'ulteriore verifica; essa, infatti, ricalca le caratteristiche di una presentazione aziendale e di un colloquio di lavoro presso una tipica società di ingegneria.
- 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 esercitazioni di tipo progettuale in gruppo (organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi).

### **Programma**

#### **UD-1** Struttura matematica degli algoritmi utilizzati nei Simulatori di Processo

- Equilibri bifasici di sistemi a più componenti non ideali affrontati mediante sistemi iterativi per la ricerca di radici in equazioni non lineari
- Operazioni a stadi (distillazione, assorbimento ed estrazione liquido-liquido) per sistemi non ideali a più componenti e rappresentazione mediante l'algebra delle matrici
- Reattori: il caso del "reattore di Gibbs" e reattori catalitici monodimensionali analizzato mediante integrazione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie; Reattore catalitico a letto fisso bidimensionale interpretato mediante equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo parabolico
- Operazione discontinua fluido-solido di adsorbimento analizzato mediante equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico.
- Metodi di regressione matematica per la definizione di dati di equilibrio partendo da dati sperimentali e definizione dei modelli termodinamici descrittivi della non-idealità

#### **UD-2** Sviluppo di un Progetto di Ingegneria di Processo in collaborazione con una Società di Ingegneria

- Valutazione delle specifiche di progetto e criteri di sicurezza
- Analisi termodinamica e di processo mediante simulatore corredata da studio di sensitività
- Definizione di uno schema di processo strumentato corredata da Heat & Material balance
- Progettazione di alcune apparecchiature scelte e redazione dei datasheet di processo
- Redazione del report di processo e Presentazione dei risultati ai docenti e alla classe

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. La seconda fase presenta gruppi di lavoro organizzati con ruoli tipici della società di ingegneria. Quest'ultima inoltre verificherà che il progetto venga portato avanti secondo i propri standard. Globalmente il metodo didattico è di tipo "project-based" e la metodologia di apprendimento può essere definita (soprattutto per la seconda parte del corso) con il termine "learning-by-doing".

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso sono verificate attraverso una prova orale (sulla base di due aree tematiche estratte) ed una valutazione del lavoro di gruppo, in particolare del ruolo sviluppato dal singolo studente.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

Il giudizio di valutazione viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:

Dispense del Corso a cura del Docente e materiale didattico integrativo disponibile nelle piattaforme online

Estratti dal libro di testo "Calcolo Elettronico nell'Ingegneria Chimica" Prof Diego Barba Edizioni Siderea

Estratti dal libro "Separation Process Principles" di J.D. Seader; E.J. Henley

# INDUSTRIAL BIOTECHNOLOGY

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/24

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno - 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 69

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docente** Luisa Di Paola

## Obiettivi formativi specifici

Scopo del corso è fornire agli studenti gli strumenti fondamentali ai fini del progetto dei processi ed impianti nell'industria farmaceutica ed alimentare. Nella prima parte, il corso sarà dedicato all'integrazione delle conoscenze già acquisite e consolidate nel corso di Principi d'Ingegneria Chimica attraverso l'analisi delle applicazioni nel campo farmaceutico ed alimentare. La seconda parte del corso sarà dedicata all'analisi di processi biotecnologici chiave nei campi oggetto del corso, in modo da guidare gli studenti ad acquisire elementi pratici per la progettazione dei sistemi biotecnologici.

Lo studente, attraverso il corso, verrà stimolato a sviluppare un approccio critico verso l'elaborazione e la comprensione dei concetti attraverso una discussione dei concetti che sono risultati poco chiari. Lo student verrà anche sollecitato a testare indipendentemente la plausibilità delle soluzioni proposte.

Lo studente, infine, svilupperà un'abilità crescente ad apprendere attraverso un metodo di studio integrato fortemente con le lezioni ed esercitazioni, attraverso un'attiva partecipazione alle attività didattiche in presenza.

Risultati di apprendimento specifici:

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di utilizzare conoscenze avanzate applicative riguardanti i processi biotecnologici, necessarie per progettare ed ottimizzare innovativi processi biotecnologici su scala industriale.

Lo studente dovrà sviluppare una capacità di esporre chiaramente ed efficacemente tutti gli argomenti e le applicazioni sviluppati nell'ambito del corso. In particolare, l'esposizione dovrà essere organizzata in modo logico e consequenziale a partire dalle conoscenze necessarie a sviluppare la tematica richiesta.

### **Programma:**

1. Fluidodinamica dei fluidi non-Newtoniani: paste, sospensioni cellulari;
2. Operazioni di upstream;
3. Operazioni a membrana;
4. Estrazione liquido solido;
5. Purificazione mediante cromatografia preparativa;
6. Sedimentazione e centrifugazione;
7. Trattazione monografica di processi biotecnologici nell'ambito farmaceutico ed alimentare.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Le attività didattiche saranno erogate sotto forma di lezioni frontali per fornire agli studenti gli elementi chiave per l'analisi e la progettazione di processi biotecnologici. Le esercitazioni fornite durante il corso saranno dedicate alla risoluzione di casi pratici al fine di consolidare le conoscenze teoriche acquisite durante le lezioni frontali. Il metodo didattico e la verifica di apprendimento potranno subire delle modifiche nel corso dell'anno accademico in ottemperanza ai vincoli di legge.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Il livello di apprendimento verrà valutato per mezzo di prove orali e scritte, volte a valutare la capacità dello studente ad analizzare e progettare processi biotecnologici. La valutazione dipenderà complessivamente anche dalle abilità comunicative dello studente nell'esporre in modo chiaro ed efficace la soluzione ai problemi pratici risolti. Verranno valutate positivamente l'utilizzo corretto degli elementi teorici e l'analisi organica dei sistemi oggetto delle prove.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La prova scritta consiste nella risoluzione di due esercizi per la durata totale di 3 ore. La votazione è espressa in trentesimi e la soglia di ammissione all'orale è di 18/30. La prova orale riguarda l'esposizione della soluzione proposta a problemi di natura pratica ed è tesa a valutare la capacità dello studente di affrontare in modo consequenziale e logico la risoluzione di problemi pratici negli ambiti di interesse. La durata media della prova orale è di 60' e pesa nella valutazione complessiva al 50%. La votazione minima totale è di 18/30, quella massima è di 30/30 e lode.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

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.

## INGLESE GENERALE

**Settore scientifico-disciplinare** L-LIN/12

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 1° semestre

**Carico didattico in crediti formativi universitari** CFU N. 3

**Numero di ore di attività didattica assistita** 24 ore

**Docenti** Centro Linguistico d'Ateneo

### Obiettivi formativi specifici

Il corso di inglese è erogato al I anno di corso e mira a rafforzare le competenze linguistiche, coprendo tutte le abilità: reading, writing, listening e speaking.

Ogni studente all'inizio del corso è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali e attraverso i quali a conclusione del corso lo studente potrà conseguire i livelli dal B1.1 al C1.3 (a seconda del posizionamento iniziale) del Quadro di Riferimento Europeo per le Lingue. Gli studenti che avranno conseguito al test di posizionamento un livello pari o superiore al C2.1 sono esonerati dal seguire il corso curriculare di Inglese.

### Risultati di apprendimento specifici

Con il raggiungimento del livello B1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere i punti chiave di argomenti familiari che riguardano la scuola, il tempo libero ecc.
- Muoversi in situazioni che possono verificarsi mentre viaggia nel Paese di cui parla la lingua.
- Produrre un testo semplice relativo ad argomenti che siano familiari o di interesse personale.
- Esprimere esperienze e avvenimenti, sogni, speranze e ambizioni, e anche di spiegare brevemente le ragioni delle sue opinioni e dei suoi progetti.

Con il raggiungimento del livello B2 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere le idee principali di testi complessi su argomenti sia concreti sia astratti, come pure le discussioni tecniche sul proprio campo di specializzazione.
- Interagire con una certa scioltezza e spontaneità che rendono possibile un'interazione naturale con i parlanti nativi senza sforzo per l'interlocutore.
- Produrre un testo chiaro e dettagliato su un'ampia gamma di argomenti e riesce a spiegare un punto di vista su un argomento fornendo i pro e i contro delle varie opzioni.

Con il raggiungimento del livello C1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere un'ampia gamma di testi complessi e lunghi e ne sa riconoscere il significato implicito.
- Esprimersi con scioltezza e naturalezza.
- Usare la lingua in modo flessibile ed efficace per scopi sociali, professionali e accademici.
- Produrre testi chiari, ben costruiti, dettagliati su argomenti complessi, mostrando un controllo sicuro della struttura testuale, dei connettori e degli elementi di coesione.

## Programma

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B1**

**Grammatica:** Present continuous e Present Simple – Avverbi di frequenza ed espressioni di tempo -Past Simple Past Continuous – verbi attivi e statici, Present perfect, Le forme del futuro – I comparativi, espressioni di quantità, verbi modali, (Should/shouldn't – must/mustn't), First and second conditional – Used to – Forma passiva – Phrasal verbs comuni– Relative clauses con pronomi relativi, Discorso indiretto

**Vocabolario:** Frasi comuni - Il mondo del lavoro – i viaggi e le vacanze - Le relazioni tra persone-La formazione dei sostantivi - L'ambiente – I progetti, Speranze e ambizioni -Aggettivi per il carattere – I prefissi degli aggettivi -Descrivere la propria casa- I sentimenti – Frasario per fare shopping

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B2**

**Grammatica:** Ripasso dei verbi regolari ed irregolari - Present Simple e Continuous - Past Simple - Past Progressive - Past Perfect Simple - Present Perfect simple - 1,2,3 conditionals - Verbi modali per esprimere capacità, obblighi, consigli - Forma passiva- Comparativi e superlativi - Past Conditional - Diverse forme per esprimere il futuro - Gli ausiliari modali nel passato e per esprimere probabilità - Discorso diretto/ indiretto - Forme con I wish, If only

**Vocabolario:** Vita quotidiana - Istruzione Media e intrattenimento - L'ambiente Salute, medicina ed esercizio fisico - Hobby e svaghi Sentimenti - Simpatie e antipatie - Luoghi e palazzi - Relazioni interpersonali - Trasporti Servizi Interazione sociale - Il mondo della natura - Viaggi e vacanze -Espressione di ipotesi - Espressione dell'anteriorità nel futuro e nel passato

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello C1**

**Grammatica:** Revisione di tutti i tempi verbali, (simple, perfect, continuous, i passivi) - Espressioni enfatiche - Phrasal verbs e combinazioni verbo/aggettivo + preposizione - Verbo + gerundio - Modali al passato - Probabilità future.

**Vocabolario:** Linguaggio per descrivere personalità e identità - Forme idiomatiche - Phrasal verbs utilizzate per parlare di concetti astratti, complessi come sicurezza sul lavoro, tecnologia, innovazione, salute, benessere, creatività, arte.

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni organizzate in gruppi in relazione ai diversi livelli di conoscenza della lingua.

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Durante il corso saranno svolti test e prove intermedie per la verifica del raggiungimento dell'obiettivo formativo individuale.

A conclusione del corso la verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso un test Scritto e Orale con esercizi e attività rivolte alla valutazione delle seguenti abilità linguistiche: Reading 25% - Writing 25% - Listening 25% and Speaking 25%.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

La valutazione finale è espressa attraverso un giudizio di idoneità.

Al termine del corso si svolgerà la prova finale che valuterà l'apprendimento dei contenuti studiati. Il 60% rappresenta la soglia minima richiesta per il raggiungimento del livello del corso. Gli studenti che ottengono un punteggio superiore al 90% progrediranno di due livelli.

## Requisiti

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali. Il raggiungimento di ciascun obiettivo diventerà il livello iniziale su cui definire l'obiettivo successivo. Gli studenti con un livello iniziale inferiore al B1 avranno a disposizione un servizio di tutorato linguistico finalizzato al raggiungimento del livello B1; gli studenti con un livello iniziale superiore al livello C2.1 potranno essere esonerati previa domanda di esonero.

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Moduli e unità del libro di testo verranno indicati dal docente durante la prima lezione del corso e saranno differenziati a seconda dell'obiettivo formativo individuato per ogni singolo studente

# MATERIALS TECHNOLOGY AND CORROSION

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	INGIND/22
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docente</b>	Francesco Basoli

## Obiettivi formativi specifici

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.

## Risultati di apprendimento specifici

### 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.

### **Programma**

Generalità (10 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 (10h):

Diagramma sforzo deformazione, effetto della dimensione dei grani, durezza, deformazione plastica, scorrimento a caldo, meccanica della frattura, fatica.

Materiali metallici (10h):

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 (30h):

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.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (45h) ed esercitazioni numeriche (9h). Esercitazioni di laboratorio su problemi di elettrochimica della corrosione (6h). Come da delibera del SA del 26/04/2017, il corso sarà erogato in lingua inglese.

### **Metodi e criteri di valutazione 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.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base di chimica inorganica e organica, di matematica e di fisica.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

William D. Callister Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, John Wiley & Sons

Pietro Pedferri, Corrosion Science and Engineering, Springer Nature

### **Bibliografia aggiuntiva:**

Mars G.Fontana, Corrosion Engineering. McGraw-Hill

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 dalla pagina del corso su <https://elearning.unicampus.it/>

## **PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** Ing-Ind/24

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, annuale (1° e 2° semestre)

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docente** Vincenzo Piemonte

### **Obiettivi formativi specifici**

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 Ambientale, Energetico, Economia circolare, Biotecnologico, Oil&Gas, Petrochimico, Farmaceutico ed Agroalimentare.

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze chimico-fisiche ed ingegneristiche di base indispensabili per l'analisi di casi applicativi tipici dell'ingegneria chimica, con focus particolare sullo sviluppo sostenibile.

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi dell'ingegneria chimica

### **Risultati di apprendimento specifici**

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. 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.

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.

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.

## Programma

1) Equilibri di fase: L-V, L-G, L-L: approccio  $\gamma$ - $\varphi$ ,  $\varphi$ - $\varphi$ .

Teoria delle soluzioni regolari, modelli derivanti dall'espansione di Whol, modelli a composizione locale, modelli semiprevisionali. 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. Analisi adimensionale e ordini di grandezza. 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 microscopici e macroscopici di quantità di moto, equazioni di Navier-Stokes, regimi fluidodinamici e fluidi non newtoniani. Cenni sulla turbolenza

5) Bilanci di energia, attrito viscoso

6) Bilanci accoppiati.

Bilanci di materia ed energia: leggi dell'umidificazione e deumidificazione. Bilanci energia e quantità di moto: convezione naturale.

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche mediante utilizzo di simulatori di processo dedicati.

## Metodi e criteri di valutazione 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, finalizzati alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi e semplificazione di problemi complessi.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

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. Per la prova scritta, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 4 ore. La prova orale invece 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.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense del docente.

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.

# PROCESSI BIOTECH

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** Ing-Ind/24

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 2 semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 12

**Numero di ore di attività didattica** 96

**Docenti** Vincenzo Piemonte  
Diego Barba

## Obiettivi formativi specifici

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'integrazione dell'approccio tipico dei principi dell'ingegneria biochimica con l'analisi di processo, metterà a disposizione dell'allievo strumenti quantitativi di valutazione ed analisi dei bioreattori e dei processi biotech.

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione dei processi Biotecnologici in ambito farmaceutico, agro-alimentare, della bioraffinazione e dell'economia circolare.

## Risultati di apprendimento specifici

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate sulla progettazione di bioreattori e sull'analisi, sull'ottimizzazione e sull'innovazione di processi biotecnologici industriali.

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.

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.

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.

## Programma

### Unità a): Principi di Ingegneria Biotech

- 1) Cinetiche Enzimatiche: Cinetica di Michaelis-Menten, effetto della Temperatura, del pH, inibizione enzimatica, reazioni multi substrato e multiprodotto
- 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) Cinetiche di crescita cellulare: Cinetica di Monod, crescita in serie ed in parallelo, fattori di resa, metaboliti primari e secondari
- 4) 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.
- 6) Case Studies: Produzione di farmaci, produzione di biocombustibili e bioplastiche.
- 7) Cenni su Life Cycle Assessment di processi Biotech

### Unità b): Ingegneria di Processo Biotech

- 1) Generalità sulla struttura del processo Biotech
- 2) Analisi di processo e criteri di dimensionamento di un bioreattore/fermentatore: trasferimento di materia, trasferimento di calore, agitazione meccanica ed aerazione delle colture.
- 3) Parametri di processo e criteri di controllo del bioreattore/fermentatore.
- 4) Processo di sterilizzazione: deattivazione termica dei microorganismi, sterilizzazione dei terreni di coltura, sistemi di filtrazione sterile, sterilizzazione dell'aria
- 5) Processi per il recupero e la purificazione dei prodotti: separazione della biomassa (filtrazione e centrifugazione), isolamento primario del prodotto (estrazione con solvente, adsorbimento, precipitazione, cromatografia separazione con membrane, elettroforesi)
- 6) Impianti Biotech: schema di processo di alcuni impianti industriali rappresentativi.

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

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, anche di gruppo, per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali.

Le esercitazioni si avvarranno dell'utilizzo di simulatori di processo dedicati ai processi biotech.

## Metodi e criteri di valutazione 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, principi di ingegneria biochimica e impianti biotech, finalizzati alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi ed ottimizzazione di processi biotecnologici industriali

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

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. Per la prova scritta, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 4 ore. La prova orale invece 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

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense del docente.

J. E. Bailey, D. F. Ollis, Biochemical engineering fundamentals, McGraw-Hill, 1986

D.Barba, F.Giacobbe, V. Piemonte, Elementi di Ingegneria di Processo Biotech, Dispense Universitarie

# PROCESSI ENERGIA-AMBIENTE

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** ING-IND/25

**Anno di corso e semestre di erogazione** ICSS 1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 48

**Docente** Mauro Capocelli

## Obiettivi formativi specifici

Il corso fornisce gli strumenti e le conoscenze fondamentali per l'analisi dei processi industriali nel settore della produzione di energia, dei trattamenti di effluenti liquidi e gassosi e delle utilities degli impianti industriali, il tutto facendo particolare riferimento alla minimizzazione degli impatti ambientali dei processi produttivi e alla sostenibilità degli stessi.

## Risultati di apprendimento specifici:

- Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di realizzare e/o discutere nel dettaglio schemi di processo strumentati con bilanci di materia e di energia, di effettuare il basic design delle apparecchiature principali ed impostare la simulazione matematica per l'analisi del comportamento del processo (al variare dei suoi principali parametri operativi).
- 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.
- 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. La prova orale di esame ne rappresenta un'ulteriore verifica; essa, infatti, ricalca le caratteristiche di un colloquio di lavoro presso una tipica società di ingegneria.
- 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 esercitazioni di tipo progettuale, anche in gruppo (organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi).

## **Programma**

1. INTRODUZIONE: Fabbisogno energetico, emissioni di gas serra e Sviluppo Sostenibile, elementi di Termodinamica, Processi reversibili e Processi reali
2. GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA e TERMICA: Schemi di processo per la generazione di energia elettrica mediante centrali termoelettriche (ciclo a vapore e turbogas, ciclo combinato), cogenerazione di energia elettrica e termica e reti di distribuzione; Produzione da fonti rinnovabili (Energia Solare, Geotermica ed Eolica, etc.); criteri economici per la stima dei costi di produzione.
3. TRATTAMENTO EFFLUENTI GASSOSI: Nozioni relative al trattamento delle emissioni inquinanti (trattamento di effluenti gassosi) e ai criteri di progetto degli schemi di trattamento in serie (abbattimento di NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM, etc.); schemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica (CCS) ed integrazione degli stessi nei processi produttivi.
4. TECNOLOGIE DELLE ACQUE: Tecnologie di trattamento e riuso (chimico, fisico e biologico); cenni ai processi di dissalazione dell'acqua mare e/o di riuso (processi termici e a membrana); cenni sul tema: "Water-Energy Nexus & dual-purpose plants".
5. RAFFREDDAMENTO INDUSTRIALE e CONDIZIONAMENTO: psicommetria, raffreddamento con aria; cooling towers e acqua in ciclo chiuso; ciclo frigorifero ed impianti di condizionamento.
6. GAS PROCESSING: Gas Naturale ed industria dell'idrogeno: processi di trattamento e liquefazione del gas naturale; processo di Steam reforming per la produzione di syngas e idrogeno (cenni ad altri processi per la produzione di H<sub>2</sub>); cenni ai processi di separazione criogenica (ASU).

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche che ricoprono almeno il 25% delle ore. Alcuni progetti vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati ed i risultati vengono presentati e discussi 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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 basata sull'analisi quantitativa di schemi di processo per la produzione (e distribuzione/utilizzo) di energia elettrica e termica;
- una prova orale che si sviluppa sulla base della discussione del tema scritto e su due aree tematiche aggiuntive, estratte ed assegnate allo studente prima del colloquio orale.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense del Corso a cura del Docente e materiale didattico integrativo disponibile nelle piattaforme online Don W. Green; Robert H. Perry, Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th edition McGraw -Hill  
Alcune recenti pubblicazioni scientifiche firmate dai Docenti  
Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology  
Louis Theodore. Air Pollution Control Equipment Calculations 2008 by John Wiley & Sons, Inc.  
G.Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel. Wastewater Engineering - treatment and reuse (4th edition) 2004 Metcalf & Eddy, Inc.

# **PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI INDUSTRIALI**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/25
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	ICSS 2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docente</b>	Antonino Germanà

## **Obiettivi formativi specifici**

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.

## **Risultati di apprendimento specifici**

- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

## **Programma**

### **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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

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.

## **Metodi e criteri di valutazione 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.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

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

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** Ing-Ind/24

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docenti** Vincenzo Piemonte  
Luisa di Paola

## Obiettivi formativi specifici

Lo 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. Il corso metterà a disposizione dell'allievo strumenti quantitativi di valutazione ed analisi dei reattori e delle loro applicazioni nei vari processi industriali.

## Risultati di apprendimento specifici

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate sul dimensionamento di reattori chimici utilizzati in diversi processi industriali.

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.

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.

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.

## **Programma**

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.

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; modellazione 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.

**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.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Le lezioni si svolgeranno attraverso una didattica frontale tesa a fornire gli elementi per l'analisi e la progettazione dei reattori e tramite esercitazioni, anche di gruppo, per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali.

Le esercitazioni si avvarranno dell'utilizzo di simulatori di processo dedicati.

## **Metodi e criteri di valutazione 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, Reattori ideali e non ideali, finalizzati alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi e semplificazione di problemi complessi.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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. Per la prova scritta, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 4 ore. La prova orale invece 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.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Nessuna

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense del docente.

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

**Settore scientifico-disciplinare SSD** ING-IND/25

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 48

**Docente** Dr. Ing. Giorgio Zerboni

## Obiettivi formativi specifici

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. Particolare attenzione viene data all'aspetto impiantistico, attraverso l'analisi dei criteri di sicurezza che si adottano sia in fase di progettazione di processo che in fase di progettazione esecutiva ( safety by design )

## Risultati di apprendimento specifici

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di conoscere ed applicare, nelle varie fasi di realizzazione di un impianto, i principi di sicurezza specifici di dette fasi o di verificarne la corretta applicazione. Sarà inoltre in grado di utilizzare le appropriate metodologie di prevenzione e mitigazione, di applicare le tecniche di valutazione del rischio specifiche dell'impiantistica di processo e di effettuare una valutazione delle soluzioni adottate o da adottare per garantire un adeguato livello di sicurezza in tutte le fasi della realizzazione, dalla fase di progettazione a quella di esercizio dell'impianto.

## Programma

1. Le fasi della realizzazione degli impianti: gli studi di fattibilità, il know how nell'industria chimica, brevetti e basic design; 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. Il revamping di impianti esistenti.

2. La sicurezza durante gli studi di fattibilità: la valutazione dell'impatto ambientale; l'analisi preliminare del rischio tecnologico, l'autorizzazione all'esercizio di un impianto, le normative europee ed internazionali in tema di impatto ambientale e sicurezza
3. La sicurezza durante la progettazione: il significato di sicurezza intrinseca; la sicurezza nella elaborazione delle planimetrie, sia generali che di area; la strumentazione e i sistemi di controllo ( DCS e SCADA ), i coefficienti di sicurezza nel dimensionamento meccanico delle apparecchiature: sollecitazioni dovute alla pressione interna, alla pressione esterna, alla spinta del vento e ai carichi sismici; la classificazione elettrica delle aree, i componenti di sicurezza: valvole di sicurezza, dischi di rottura, valvole di respirazione, interruttori di fiamma; i sistemi di raccolta sfianti e di torcia, le tenute a baderna e le tenute meccaniche; i generatori di emergenza e i sistemi di continuità ( UPS ), 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, Bow -tie ecc )
4. La sicurezza in fase di fabbricazione e trasporto di apparecchiature e materiali: il programma di fabbricazione, il piano qualità, il programma di ispezioni e collaudi.  
Le Direttive europee di prodotto (PED, EN 13445, Macchine, ATEX ); le saldature: i procedimenti di saldatura, le qualifiche dei procedimenti e dei saldatori; ispezioni e collaudi, i controlli non distruttivi, il trasporto dalle officine al cantiere e le norme Incoterms.
5. La sicurezza in fase di costruzione: costruzione in aree vergini o ampliamento di complessi industriali esistenti; piano operativo di sicurezza; le analisi geotecniche; i sollevamenti pesanti, i lifting plan e i 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"); i disegni "come costruito"; la gestione e l'analisi degli incidenti; i "quasi incidenti", l'assistenza sanitaria in un Cantiere, l'addestramento del personale di costruzione.
6. La sicurezza in fase di avviamento: le ispezioni finali, la distribuzione delle utilities, le prove di tenuta, la verifica dei circuiti di controllo preparazione dei sistemi antincendio e di allarme; il caricamento dei "chemicals" e dei catalizzatori; la bonifica con gas inerti; lo "start up safety review", l'addestramento del personale di esercizio dell'impianto; i simulatori di processo, le fermate di emergenza ( ESD ) e piani di evacuazione.
7. Esercizi sulle analisi dei rischi tecnologici; esempi di sistemi di fermata di emergenza.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento viene svolto sulla base di lezioni frontali, in cui vengono illustrati gli argomenti del corso con l'ausilio di presentazioni in power point.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'attenzione degli allievi viene mantenuta viva con il riferimento a casi specifici mentre l'apprendimento viene verificato con la partecipazione alla soluzione di problemi progettuali ed operativi.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

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.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Libri di testo:

- Giorgio Zerboni: Fasi della realizzazione degli impianti chimici; Edizioni Efesto, nuova edizione Ottobre 2020
- Giorgio Zerboni: La sicurezza nella realizzazione degli impianti di processo; Edizioni Efesto, nuova Edizione Gennaio 2021

Inoltre, i files con la presentazione in power point vengono trasmessi agli studenti al termine delle lezioni relative a ciascuna sezione del corso.

## **SMART GRID ED ENERGIE RINNOVABILI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD):** ING-IND/33

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 54

**Docente** Francesco Conte

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso consente allo studente di acquisire i principi di funzionamento di base e le declinazioni operative dei sistemi elettrici intelligenti. I contenuti erogati forniscono gli elementi necessari alla comprensione teorica e pratica delle dinamiche di interazione tra gli utenti e gli operatori dei sistemi di distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica. Lo studente potrà acquisire competenze circa le tecnologie di generazione ad energia rinnovabile e dei sistemi di accumulo di energia elettrica, nonché il loro impiego nel contesto delle Smart Grid. In particolare, verranno studiate le possibili declinazioni di queste ultime, quali microreti, Virtual Power Plant, Smart Building, Smart City, e le relative tecniche di previsione, gestione e controllo.

### **Risultati di apprendimento specifici**

- Conoscenza e capacità di comprensione delle principali tecnologie di generazione ad energia rinnovabile (fotovoltaico ed eolico) e dei sistemi di accumulo dell'energia elettrica (batterie, stoccaggio di idrogeno).
- Capacità di disegnare l'architettura, dimensionare correttamente le componenti, progettare l'algoritmo di gestione intelligente, di una microgrid, vale a dire un "piccolo" sistema elettrico che serve una Smart City, o un Smart Building o una Energy Community.
- Conoscenza e capacità di comprensione delle problematiche basilari e gli strumenti di gestione, ottimizzazione e controllo dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.
- Capacità di presentare ed esporre le possibili soluzioni progettuali applicabili a casi reali, con adeguato linguaggio tecnico coerente con i contenuti dell'insegnamento.
- Capacità di lavorare in team, anche in collaborazione con aziende del settore.

## Programma

Lo scopo di questo corso è illustrare in primo luogo agli studenti l'architettura del sistema elettrico. Dopo aver introdotto i modelli di base dei sistemi di generazione, sia tradizionale che rinnovabile, dei carichi e dei sistemi di accumulo dell'energia, sarà descritto il funzionamento del sistema elettrico. In particolare saranno analizzate le principali funzionalità operative come il problema del "dispacciamento anticipato", la regolazione della frequenza e della tensione, le regole del mercato dell'energia. Verrà anche illustrato il ruolo dei diversi attori quali il gestore della rete, i distributori, i produttori ed i consumatori.

Inquadrate così lo stato attuale del sistema, saranno illustrate le trasformazioni che porteranno la rete a diventare "intelligente" in risposta alle linee guida della Comunità Europea nell'ambito della Transizione Ecologica. Saranno quindi descritte le soluzioni più innovative oggi al centro dello sviluppo tecnologico come microreti, Virtual Power Plant, comunità energetiche, integrazione dei vettori energetici, demand side management, e delle relative strategie di gestione e controllo intelligente, che si avvalgono di tecniche avanzate di analisi dei dati (reti neurali artificiali, identificazione di serie temporali) per la previsione dei profili di consumo, di generazione e del prezzo dell'energia, e di metodi di ottimizzazione e controllo ottimo per prendere le decisioni di gestione dell'energia.

### Programma:

1. Il sistema elettrico
  - a. Descrizione funzionale, dimensioni, distribuzione territoriale
  - b. Il concetto di Smart Grid, di microgrid, di Energy Community
  - c. Il mercato dell'energia elettrica
  - d. Principali funzionalità operative (dispacciamento, regolazione di frequenza e tensione)
2. Tecnologie e modelli
  - a. Sistemi di generazione (tradizionale, rinnovabile, distribuita)
  - b. Carichi (utenze)
  - c. Sistemi di accumulo (batterie e tecnologie power-to-gas)
3. Sistemi di gestione intelligente: le Smart Grid
  - a. Descrizione tecnologico-funzionale di Energy & Distribution Management System.
  - b. Gli strumenti informatici: reti neurali artificiali, serie temporali, metodi di ottimizzazione
  - c. Casi studio (reti elettriche di distribuzione, large building management system, electric vehicle fleet management, ecc.)

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (75%).

Esercitazioni ed implementazione al computer di progetti di esempio (15%).

Seminari di Industrie leader del settore, stage e visite ad impianti (10%).

## Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

L'esame del corso consiste in un test orale. Il test prevede tre domande ciascuna delle quali riguarderà uno dei tre macro argomenti del corso, ovvero il sistema elettrico, le tecnologie e i modelli, e le Smart Grid.

## Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

L'apprendimento dei contenuti del corso sarà valutato con un voto per la prova orale. Le tre domande avranno il medesimo peso per la determinazione del voto finale.

## Propedeuticità / Prerequisiti

Programmazione di base.

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Dispense fornite dai docenti.

# STRATEGIE DI INNOVAZIONE TECNOLOGICA

**Settore scientifico-disciplinare (SSD):** Ing-Lnd/35

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 6

**Numero di ore di attività didattica** 48

**Docente** Gianni Bardazzi

## Obiettivi formativi specifici

Alle caratteristiche dell'ingegneria chimica di base si uniscono tutte le peculiarità legate ai temi dello sviluppo sostenibile, dell'economia circolare e dell'innovazione di prodotto che sono alla base della formazione del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile, e proposti nell'ambito del nostro corso.

Il corso, tenuto da manager Maire Tecnimont, 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). Il tema della sostenibilità ha conquistato, e continua a conquistare, spazi sempre crescenti, essendo al centro di qualsiasi strategia di ripartenza industriale, che ruota intorno alla transizione energetica considerata come percorso irreversibile e nuovo modello di vita quotidiana, non una semplice risposta ai cambiamenti climatici.

## Risultati di apprendimento specifici

Il successo di questa specifica facoltà di ingegneria nasce proprio dal connubio della chimica classica con lo sviluppo delle tecnologie industriali, rivolte il più possibile verso la sostenibilità ambientale; ed è così che si delinea la figura dell'ingegnere chimico moderno. La sfida cui si troveranno innanzi i futuri ingegneri, sarà anche quella di coniugare gli standard di benessere con la transizione energetica, passando da fonti emmissive, esauribili e concentrate, come gas e petrolio, a fonti diffuse come le rinnovabili.

## Programma

Definizioni e dettagli di strategia, tecnologia, innovazione, strategia di impresa ed innovazioni tecnologiche  
Analisi SWOT

Finanziamenti per innovazione  
Blue ocean strategy  
Matrici portafoglio  
Piano industriale  
Project Management  
Green economy e transizione energetica  
Business plan e analisi strategica  
Comunicazione e diffusione  
IP process e Patentoverview  
Piano economico finanziario  
Energia Nucleare (overview)

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali interattive con supporto di slides preparate dai docenti del corso.  
Seminari su argomenti mirati, condotti da nostri managers qualificati.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Prova di esame con preparazione tesina di gruppo ed esposizione in presentazione .ppt e prova orale su argomenti trattati a lezione.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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 finale sarà valutato tenendo conto della tesina (preparazione ed esposizione) edella prova orale.

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

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Slides del corso.

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

## TECNOLOGIE E INNOVAZIONE DEI PRODOTTI CHIMICI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/23
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	1° anno – 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docenti</b>	Emanuele Mauri (Titolare) Stefano Scialla

### Obiettivi formativi specifici

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti la conoscenza dei parametri fondamentali che regolano la sintesi di prodotti polimerici e delle tecniche di polimerizzazione comunemente utilizzate. Inoltre, l'insegnamento propone l'apprendimento dei principali metodi d'innovazione utilizzati nello sviluppo dei prodotti chimici, ai quali vengono applicate tecniche di funzionalizzazione fisico-chimica, principi termodinamici e cinetici di ingegneria e criteri di sostenibilità economico-ambientale.

### Risultati di apprendimento specifici

- Conoscenza e comprensione dei processi di polimerizzazione, delle tecniche di caratterizzazione e funzionalizzazione chimico-fisica dei polimeri
- Consapevolezza degli aspetti di innovazione di carattere globale, ambientale e di sostenibilità applicati nella valutazione di un prodotto chimico
- Capacità di individuare le criticità dei prodotti chimici e proporre soluzioni alternative
- Capacità di progettare le fasi di sviluppo di un innovativo prodotto chimico o polimerico, dalla fase di sviluppo delle idee alla produzione

### Programma

#### Parte I: prodotti polimerici

Definizione di polimeri e tecniche di sintesi  
Tecniche di caratterizzazione chimico-fisiche dei polimeri  
Tecniche di funzionalizzazione dei materiali polimerici  
Esempi di applicazioni dei polimeri a prodotti chimici e materiali  
Caso studio: gli idrogel

#### Parte II: innovazione dei prodotti chimici e polimerici

Introduzione al concetto di design di prodotto chimico e di categorie di prodotti dell'industria chimica  
Necessità del consumatore e criteri di selezione delle idee  
Metodologie d'innovazione del prodotto basate sullo studio del consumatore  
Lancio di un prodotto: preparazione, packaging, regole e considerazioni economiche e di sostenibilità  
Life Cycle Assessment e concetti di Economia Circolare  
Laboratorio: applicazione sperimentale di concetti visti a lezione, nell'ambito dei polimeri

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezione e attività di laboratorio

Ore di lezione: 42

Ore di laboratorio: 6

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Esame orale.

La prova orale è strutturata in due parti, da svolgersi consequenzialmente:

**Parte 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 "caso studio" di design e innovazione di un prodotto chimico. Il "caso studio" sarà scelto autonomamente dagli studenti e approvato dal docente. Nell'elaborato lo studente deve, almeno, saper dimostrare la comprensione delle criticità competenti al caso studio scelto e discuterne la proposta di innovazione secondo i seguenti punti:

- Individuare le necessità del mercato/consumatore ancora insoddisfatte
- Proporre un'idea migliorativa del prodotto
- Valutare la fattibilità dell'idea (selettività), riportando dati e/o considerazioni quantitative
- Effettuare una comparazione dei costi associati alla produzione e sostenibilità

**Parte 2:** due domande sugli argomenti del corso.

È prevista una durata complessiva della prova orale di 35 minuti.

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

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.

Nella parte 1 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo di 10 punti.

Nella parte 2 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo di 20 punti, così ripartiti: prima domanda fino a 10 punti, seconda domanda fino a 10 punti

Il punteggio massimo conseguibile è pari a 30 punti su 30 e Lode. La Lode sarà attribuita allo studente che dimostrerà una conoscenza dettagliata degli argomenti discussi a lezione e un'ottima chiarezza nell'esposizione orale.

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

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Matematica, chimica organica e inorganica, fisica e termodinamica

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Materiale didattico di supporto all'apprendimento:

Slide del docente

### **Testi di consultazione:**

E.L. Cussler, G. D. Moggridge "Chemical Product Design" – Cambridge University Press (2011)

C.E. Carraher "Polymer Chemistry" - Marcel Dekker, Inc (2003)

# TECNOLOGIE E BIOPROCESSI PER L'INDUSTRIA ALIMENTARE

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/25
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Dott. Luigi Nataloni

## Obiettivi formativi specifici:

Conoscere i 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.

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

## Risultati di apprendimento specifici:

Lo Studente deve dimostrare di sapere:

- 1) cosa è l'industria alimentare e di cosa si occupa
- 2) il Project & Process management
- 3) i principi dell'HACCP
- 4) utilizzare la fermentazione e i processi fermentativi
- 5) applicare le tecniche di separazione
- 6) applicare l'evaporazione e il drying.

## Programma:

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

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali ed esercitazioni che spiegano i contenuti del programma del corso, esempi reali dei processi e seminari tenuti da esperti: 48 ore.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite sono verificate mediante una prova orale, che comprenderà due domande sui contenuti del corso. 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Nella prova orale si valuterà la logica seguita dallo Studente nella risoluzione del quesito, l'impiego di un linguaggio appropriato nella risposta al quesito e, altresì, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo Studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Il punteggio massimo conseguibile nella prova orale 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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di principi di ingegneria biochimica, chimica organica e impiantistica industriale.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense del docente caricate sulla pagina del corso sulla piattaforma di elearning d'Ateneo.

# **TRANSIZIONE ENERGETICA E TECNOLOGIE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE**

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/24
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 2° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	6 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	48
<b>Docente</b>	Agostino Re Rebaudengo (Titolare)

## **Obiettivi formativi specifici**

Il corso introduce il tema del cambiamento climatico, delle sue cause e delle possibili soluzioni, tra le quali la transizione verso un sistema energetico a basse emissioni e l'adozione di processi e tecnologie sostenibili coerenti con i principi di economia circolare.

Particolare importanza verrà data al trattamento della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU) per la produzione di biometano: oltre alle lezioni teoriche, sono previste lezioni in un impianto di trattamento FORSU.

Un approfondimento sarà inoltre dedicato all'avanzamento della ricerca e della cattura e valorizzazione della CO<sub>2</sub> e dei possibili scenari di sviluppo dell'idrogeno.

## **Risultati di apprendimento specifici:**

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;
- conoscere la realtà industriale del trattamento della FORSU.

Lo studente sarà chiamato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti.

Lo studente sarà sollecitato durante le lezioni a interagire con il docente al fine di migliorare le proprie capacità analitiche sui temi trattati.

Lo studente sarà chiamato al problem solving durante la visita didattica in impianto industriale.

## **Programma**

1. Introduzione al cambiamento climatico: cause, conseguenze e soluzioni. Scenario energetico e tendenze nazionali e sovranazionali. Obiettivi di decarbonizzazione al 2030.
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.
9. La ricerca avanzata nel campo dell'economia circolare.
10. Le potenzialità dell'idrogeno (grey, blue, green). Dalla produzione all'utilizzo.
11. Visita ad un impianto di produzione biometano e compost, o in alternativa seminari tenuti da esperti del settore.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Gli argomenti saranno presentati attraverso lezioni frontali con riferimenti specifici ad applicazioni pratiche. Il corso includerà una visita a un impianto di produzione biometano e compost e/o alcuni seminari tenuti da illustri esperti a completare le lezioni.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova orale della durata minima di 30 minuti.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

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.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di termodinamica, di chimica generale e organica.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense del docente caricate sulla piattaforma di e-learning dell'Ateneo.

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti**



## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti si propone di rispondere alla domanda di nuove figure professionali come il Data Architect, il Data Engineer, il Data Analyst, il Data Scientist, focalizzando l'attenzione sui sistemi in cui i dati svolgono un ruolo abilitante nell'offrire funzionalità che rispondano in modo efficace alle necessità di innovazione del contesto di applicazione.

Per svolgere queste funzioni il laureato magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti deve avere conoscenze e sviluppare competenze sull'intera catena di acquisizione ed elaborazione dei dati, dalle caratteristiche e dalle prestazioni dei sensori che rappresentano la principale sorgente di dati nelle architetture Internet of Things (IoT), alla presentazione dei risultati delle analisi effettuate che devono risultare funzionali agli obiettivi aziendali. A tal fine le attività formative riguardano da un lato la statistica e l'ottimizzazione matematica, l'intelligenza artificiale e l'analisi di BigData, e dall'altro le architetture dei sistemi distribuiti, incluso fattori abilitanti come il cloud computing, le tecnologie 5G e l'impiego di sensori per l'acquisizione di dati attraverso la misura di parametri fisici di interesse.

La formazione dell'ingegnere di sistemi intelligenti è ulteriormente integrata da attività che riguardano l'impatto che l'innovazione e la trasformazione digitale hanno sui modelli di business, sui processi aziendali.

Il Corso si caratterizza pertanto per interdisciplinarietà e trasversalità e per l'inserimento nel percorso formativo di tematiche legate allo sviluppo di soluzioni basate sull'intelligenza artificiale che valorizzino il ruolo dell'uomo nei processi di innovazione. Infine, il percorso formativo potrà essere completato con approfondimenti verticali su specifici ambiti di applicazione dei sistemi intelligenti come la sensoristica, la robotica, la bioingegneria, gli impianti industriali, i sistemi energetici.

Il percorso formativo presuppone che lo studente abbia preliminarmente acquisito conoscenze e competenze relative alla cultura scientifica di base e alle discipline dell'ingegneria, con particolare riferimento a nozioni di base sui metodi e gli strumenti della matematica e dell'informatica.

## **TRANSIZIONE ENERGETICA E TECNOLOGIE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE**

### **ARTICOLAZIONE DEL CORSO DI LAUREA**

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti si articola in due anni, per un totale di 120 crediti formativi universitari ripartiti tra i corsi di insegnamento comuni, i corsi di insegnamento all'interno dei tre percorsi previsti, i corsi di insegnamenti a scelta e la prova finale di 24 CFU.

La struttura del percorso formativo prevede:

- un primo anno comune in cui vengono fornite le conoscenze e le competenze caratterizzanti il corso di studio con una particolare attenzione all'integrazione tra i diversi insegnamenti, ottenuta attraverso lo sviluppo di un progetto che richieda l'applicazione di diverse competenze; in particolare, gli insegnamenti previsti riguardano: i metodi e gli strumenti per lo sviluppo di applicazioni software in ambiente distribuito, le architetture dei sistemi distribuiti per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati, i metodi e gli strumenti per la loro analisi con particolare riferimento ai metodi dell'intelligenza artificiale, i metodi per la gestione dell'innovazione con particolare riferimento alla trasformazione digitale, gli aspetti socio-organizzativi legati all'introduzione delle tecnologie digitali;
- un secondo anno così articolato: un semestre in cui lo studente ha la possibilità di configurare un piano di studi che consenta di approfondire ulteriormente aspetti diversi dell'ingegneria dei sistemi intelligenti e consolidare e perfezionare la conoscenza della lingua inglese, e un semestre in cui sviluppare come prova finale, anche in collaborazione con un'azienda, un progetto volto a completare la formazione del laureando, con particolare riguardo alle competenze trasversali; in particolare, attraverso gli insegnamenti del primo semestre lo studente potrà completare la propria formazione acquisendo conoscenze e competenze su alcuni dei seguenti ambiti: metodi e strumenti dell'intelligenza artificiale, aspetti economico-gestionali dei sistemi sostenibili e dell'economia circolare, applicazioni di ambito sanitario, applicazioni di pianificazione e gestione intelligente di impianti industriale e di risorse e sistemi energetici, tecnologie non informatiche che trovano applicazione nei sistemi intelligenti.

Il percorso formativo conferisce allo studente gli strumenti tecnico-teorici per la risoluzione di problemi ingegneristici complessi con un approccio olistico in termini di metodologie e focus di analisi e si caratterizza per interdisciplinarietà e trasversalità rispetto ad altri corsi di ingegneria di ambito informatico. Esso presuppone che lo studente abbia acquisito, nel percorso di primo livello, conoscenze e competenze relative alla cultura scientifica di base e alle discipline dell'ingegneria, con particolare riferimento a nozioni di base sui metodi e gli strumenti della matematica e dell'informatica.

## OFFERTA FORMATIVA PER GLI STUDENTI IMMATRICOLATI NELL'A.A. 21/22

<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DEI SISTEMI INTELLIGENTI - I ANNO</b>			
<b>Insegnamento</b>	<b>CFU</b>	<b>SSD</b>	<b>Semestre</b>
Programmazione	9	ING-INF/05	I
Modelli e Metodi di Ottimizzazione e Statistica	9	SECS-S/06	I
Modellistica e Controllo di Reti e Sistemi a Eventi	9	ING-INF/04	I
Inglese Generale	3	L-LIN/12	II
Architetture dei Sistemi Distribuiti	9	ING-INF/05	II
Fondamenti di Intelligenza Artificiale	9	ING-INF/05	II
Innovazione e Trasformazione Digitale	9	ING-IND/35	II
Il Fattore Umano nella Trasformazione Digitale	3	M-FIL/02	II
<b>Informatica e Sistemistica</b>			
Cyber Security (Insegnamento optabile al I o al II anno nell'ambito dei 3 insegnamenti offerti nel Gruppo di afferenza Informatica e Sistemistica )	9	ING-INF/04	II
	<b>60</b>		

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DEI SISTEMI INTELLIGENTI - II anno**

Il piano di studi deve essere completato scegliendo 3 insegnamenti rispettando i seguenti vincoli:

- da 1 a 3 insegnamenti nel gruppo Informatica e Sistemistica
- da 0 a 1 insegnamenti nel gruppo Economico-gestionale
- da 0 a 2 insegnamenti nel gruppo Ingegneria industriale e dell'informazione

E scegliendo un ulteriore insegnamento a scelta libera nei gruppi sopra menzionati

Insegnamento	CFU	SSD	Semestre
<b>Informatica e Sistemistica</b>			
Smart Systems	9	ING-INF/04	I
Deep Learning for BigData	9	ING-INF/05	I
Computer Vision	9	ING-INF/05	I
Cyber Security (Insegnamento optabile al I o al II anno nell'ambito dei 3 insegnamenti offerti nel Gruppo di afferenza Informatica e Sistemistica )	9	ING-INF/04	II
<b>Economico-gestionale</b>			
Project Management and Digital Mindset Lab	9	ING-IND/35	I
		M-FIL/02	
<b>Ingegneria industriale e dell'informazione</b>			
Electronics and interfaces for industrial applications	9	ING-INF/01	I
Smart sensing and measurements	9	ING-IND/12	I
Economics and smart management of electrical systems	9	ING-IND/33	I
		SECS-P/11	
Cyber-physical robotics	9	ING-IND/34	I
		ING-INF/06	
	<b>36</b>		
Prova Finale	<b>24</b>		
	<b>60</b>		

## 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> (Solo per I° anno) dal 25 ottobre 2021 al 22 dicembre 2021 (Per il II° anno) dal 20 settembre 2021 al 22 dicembre 2021	<b>1ª sessione ordinaria</b> dal 10 gennaio 2022 al 05 marzo 2022	<b>Vacanze di Natale *</b> dal 23 dicembre 2021 al 08 gennaio 2022
II semestre	<b>Didattica frontale</b> dal 1° marzo 2022 al 1° giugno 2022	<b>2ª sessione ordinaria</b> dal 3 giugno 2022 al 30 luglio 2022 <b>3ª sessione ordinaria</b> dal 25 agosto 2022 al 1° ottobre 2022	<b>Vacanze di Pasqua *</b> dal 14 aprile 2022 al 19 aprile 2022

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

Per l'A.A. 2021-2022 le attività didattiche sono sospese nelle seguenti ricorrenze:

Inaugurazione Anno Accademico (data da stabilire)

Ognissanti: 1° Novembre 2021

Immacolata Concezione: 8 Dicembre 2021

Festa di S. Giuseppe: 19 marzo 2022

Anniversario della liberazione: 25 aprile 2022

Festa del lavoro: 1° maggio 2022

Festa della Repubblica: 2 giugno 2022

Festa di San Josemaría Escrivá de Balaguer: 26 Giugno 2022

SS. Pietro e Paolo: 29 Giugno 2022

### SESSIONI DI LAUREA

Le sessioni di Laurea sono previste nei seguenti periodi:

**Sessione estiva:** dal 15 giugno al 30 luglio 2022

**Sessione autunnale** dal 1° ottobre al 30 novembre 2022

**Sessione invernale** dal 1° al 20 dicembre 2022

**Sessione straordinaria:** dal 6 febbraio al 12 maggio 2023

## 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 2021/2022; per gli studenti attualmente al secondo anno, l'offerta 2020/2021, 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. 2021/2022*) devi effettuare la scelta del percorso nella finestra temporale definita dalla Segreteria Didattica di Facoltà.

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 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 24 CFU che consiste nello svolgimento di un'importante attività progettuale o sperimentale svolta sotto la guida di un relatore interno del Corso di Studio con uno o più co-relatori interni o esterni all'Ateneo, che si conclude con la redazione di un elaborato.

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.

La prova finale è finalizzata a dimostrare la padronanza degli argomenti affrontati durante il percorso formativo, la capacità di applicarli in modo autonomo per individuare soluzioni efficaci, la capacità di comunicare in modo sintetico i risultati conseguiti.

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. Verranno favorite attività svolte in collaborazione con altre istituzioni e aziende, finalizzate alla soluzione di problemi in contesti reali.

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.

### 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** dell'inizio del periodo indicato per la seduta dell'esame di Laurea a cui lo studente intende partecipare, presentare al Rettore domanda di attribuzione del tema dell'elaborato. Tale domanda dovrà essere presentata su apposito modulo predisposto dalla Segreteria Studenti e disponibili on-line. La domanda dovrà essere sottoscritta 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

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti 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 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>- termociclature 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 09 alle 19</p> <p>Il laboratorio è dotato di postazioni di lavoro per un massimo di 45, ridotto a 30 per garantire il rispetto delle distanze di sicurezza prescritte dalle disposizioni in materia di prevenzione e diffusione del virus Covid-19</p>

## SCHEDE DEGLI INSEGNAMENTI (IN ORDINE ALFABETICO)

*Le schede di seguito riportate si riferiscono ad insegnamenti erogati nell'a.a. 2020/2021*

**COMUNICAZIONE:** i metodi didattici e di verifica dell'apprendimento riportati nelle schede degli insegnamenti del Corso di Studio potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate

### ARCHITETTURE DEI SISTEMI DISTRIBUITI

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	1° Anno – 2° Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72 ore
<b>Docenti</b>	Prof. Luca Vollero Ing. Mario Merone

#### **Obiettivi formativi specifici**

L'insegnamento impartirà allo studente conoscenze e competenze relative alle architetture hardware e software dei sistemi informatici con particolare riferimento ai sistemi in grado di acquisire, memorizzare ed elaborare, offline e online, dati provenienti da sensori e da altre sorgenti di dati distribuite nell'ambiente fisico, con il coinvolgimento di sistemi intelligenti per il processamento intermedio dei dati e il tuning dei sistemi coinvolti. Lo studente è inoltre introdotto ai metodi e alle tecniche per la configurazione e il dimensionamento di tali sistemi allo scopo di ottimizzarne le prestazioni.

#### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Il corso trasferirà allo studente le seguenti conoscenze e capacità di comprensione:

Conoscenza e comprensione delle diverse architetture distribuite in generale e di quelle IoT in particolare, dei loro componenti funzionali e delle loro caratteristiche.

Conoscenza delle tecnologie hardware e software di interconnessione dei dispositivi e comprensione delle loro caratteristiche prestazionali.

Conoscenza e comprensione delle soluzioni architetture e funzionali per applicazioni software distribuite, in generale, e IoT, in particolare.

Conoscenza e comprensione dei metodi di descrizione e progettazione di sistemi distribuiti, in generale, e IoT, in particolare, e delle metodiche di configurare e dimensionare dei loro componenti.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- Analizzare e definire le specifiche dei requisiti di un sistema distribuito/IoT per l'acquisizione, la memorizzazione e l'elaborazione di dati.
- Selezionare soluzioni architetturali e funzionali per applicazioni distribuite/IoT di acquisizione, memorizzazione ed elaborazione di dati.
- Configurare e dimensionare l'infrastruttura di un sistema distribuito/IoT per l'acquisizione, la memorizzazione e l'elaborazione di dati.
- Selezionare le tecnologie di un sistema distribuito per l'acquisizione, la memorizzazione e l'elaborazione di dati.

### **Abilità comunicative**

Lo studente svilupperà la capacità di descrivere e comunicare, verbalmente e per iscritto, in modo formale, rigoroso e preciso l'architettura funzionale e le interazioni tra i componenti di un sistema distribuito/IoT.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente sarà in grado di acquisire nuove conoscenze e competenze relativamente a tecnologie e soluzioni architetturali di sistemi distribuiti/IoT.

## **Programma**

Distributed Systems: Introduction and taxonomy

Systems Architecture:

- Centralized models
- Distributed models
- Hybrid models
- Middleware

Processes:

- OS basics
- Processes and threads
- Communication among processes and threads
- The Client&Server paradigm
- The Publish-Subscribe paradigm
- Virtual systems

Networking basics:

- Network of Computers
- The RPC model
- The message passing model
- Stream based communication
- Multicast

Synchronization:

- Clock synchronization
- Logic clocks
- Synchronization access in distributed systems
- Polling systems

Data integrity and replication:

- Data-centric models
- Client-centric models
- Replica management
- Data integrity protocols
- Fault Tolerant Systems
- Security in IoT and Distributed Systems
- IoT Applications
- Web-services
- Cloud computing & Platform as a Service
- Edge computing
- Fog Computing

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso consiste in lezioni teoriche frontali (48 ore), esercitazioni in laboratorio (12 ore) e lo sviluppo completo di un progetto finalizzato ad applicare le conoscenze e competenze acquisite (12 ore).

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'esame ha lo scopo di verificare l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità specificate negli obiettivi formativi dell'insegnamento. L'esame consiste nella discussione di un progetto sviluppato dallo studente e un colloquio orale sugli argomenti di teoria oggetto del programma del corso. Nella discussione del progetto lo studente deve dimostrare di conoscere e aver saputo applicare i modelli e le metodologie dei sistemi distribuiti, attraverso la costruzione di un'analisi dei requisiti puntuale e l'applicazione delle conoscenze sulle architetture e sulle tecnologie oggetto del corso. Nell'esame orale lo studente sarà chiamato a dimostrare le sue conoscenze nella soluzione di problemi specifici relativi sempre la progettazione, descrizione e gestione di sistemi distribuiti.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale si compone per metà della valutazione della qualità tecnica dell'elaborato sviluppato (soluzione architeturale e documentazione) unita alla padronanza con cui verrà condotta la discussione relativa al suo sviluppo, e per l'altra metà dalla dimostrazione della conoscenza degli argomenti del corso unita alla chiarezza con cui questi verranno esposti.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Sono prerequisiti le conoscenze e competenze richieste per l'ammissione al corso di Studio.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Andrew S. Tanenbaum, Maarten Van Steen, Distributed Systems: Principles and Paradigms, Pearson

David Hanes, Gonzalo Salgueiro, Patrick Grossetete, Robert Barton, Jerome Henry, IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things, Cisco Press.

## CYBER-PHYSICAL ROBOTICS

<b>Moduli componenti</b>	Modulo 1: Fondamenti di robotica e mecatronica Modulo 2: Sistemi embedded, connettività e modellazione semantica
<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	Modulo 1: ING-IND/34 Modulo 2: ING-INF/06
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9 CFU – 5 CFU per Modulo 1 4 CFU per Modulo 2
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docenti</b>	Loredana Zollo Scotto Di Luzio Francesco

### Obiettivi formativi specifici

Il corso si propone di introdurre al settore dei sistemi robotici ciberfisici (CPRS) nei quali il mondo fisico (inclusa la componente umana), le tecniche computazionali, i metodi di controllo, le tecnologie informatiche e di comunicazione sono fortemente interconnesse e interagenti. Il corso dedicherà particolare attenzione ai processi automatici di decision-making, alla programmazione e alla configurazione di celle robotiche nei processi industriali e di robot collaborativi in contesti di interazione e cooperazione con l'uomo

Il corso vuole fornire allo Studente:

- 1) solide conoscenze teoriche sull'analisi, la modellazione, la programmazione e la configurazione dei sistemi ciberfisici di tipo robotico
- 2) abilità che si possono riassumere in:
  - basi pratiche per l'analisi, lo sviluppo ed il controllo di sistemi ciberfisici di tipo robotico;
  - competenze sugli strumenti di modellazione, programmazione e gestione dei sistemi ciberfisici di tipo robotico.

### Risultati di apprendimento specifici

#### Conoscenza e capacità di comprensione

Principi alla base dei sistemi ciberfisici di tipo robotico, degli schemi di funzionamento e delle metodiche di modellazione, programmazione e configurazione

Strumenti software di ausilio alla modellazione, programmazione e gestione dei sistemi ciberfisici, e allo sviluppo di applicazioni embedded.

#### Conoscenze e capacità di comprensione applicate:

Capacità di applicare metodi e strumenti di elettronica, informatica, automatica e meccanica all'analisi di sistemi complessi quali quelli ciberfisici di tipo robotico

Capacità di sviluppare, con metodiche avanzate, sistemi che integrano il mondo fisico (inclusa la componente umana) con tecniche computazionali, metodi di controllo, tecnologie informatiche e di comunicazione, proponendo anche soluzioni innovative per singoli componenti o per il sistema integrato.

Capacità di utilizzare gli strumenti software di ausilio alla modellazione, programmazione e gestione dei sistemi ciberfisici, e allo sviluppo di applicazioni embedded, per uso nei processi industriali e di robotica collaborativa in contesti di interazione e cooperazione con l'uomo.

### **Autonomia di giudizio**

Gli studenti saranno stimolati allo sviluppo delle proprie capacità analitiche e critiche tramite la proposizione di esercizi e di attività pratiche su tematiche trattate in aula.

### **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.

## **Programma**

Introduzione ai CPRS: architettura generale e principali componenti (fisici, software e di connettività).

Modulo sui componenti fisici: meccatronici, elettrici, elettronici, pneumatici, idraulici, altro.

Modulo sui componenti software: Sistemi embedded che implementano algoritmi di decision-making e computational intelligence.

Modulo sulla connettività: Sistemi e tecniche che abilitano la comunicazione con altri dispositivi, consentendo di generare e scambiare dati utili sulla rete.

Modulo sull'Interazione uomo-macchina e sull'ergonomia dei CPRS: sistemi di interfacciamento uomo-macchina, strategie di controllo dell'interazione, metodi di valutazione ergonomica.

Modulo sulla modellazione semantica: introduzione alla semantica; modellazione semantica e confronto con gli approcci di modellazione classica; Resource Description Framework; Ontologie per l'integrazione dei dati; casi d'uso.

Esempi di applicazioni di CPRS: Tactile internet e telerobotica; Automazione intelligente; Swarm intelligence e robotica; Agricoltura di precisione; Cobots.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (48 ore), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.

Seminari (4 ore) su specifiche applicazioni di CPRS (Tactile internet e telerobotica; Automazione intelligente; Swarm intelligence e robotica; Agricoltura di precisione; Cobots).

Esercitazioni in aula e laboratori didattici (20 ore) per insegnare l'uso degli strumenti software necessari per lo sviluppo ed il controllo dei robot (MATLAB, Simulink).

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 4 studenti e dovranno occuparsi della modellazione e dello sviluppo in ambiente di simulazione di un sistema robotico di tipo ciberfisico per l'esecuzione di un compito specifico definito all'inizio del corso.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze relative al corso sono verificate mediante prova orale e presentazione dei progettini che prevedono l'uso dei pacchetti software MATLAB e Simulink.

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, in forma scritta o verbale, volte ad accertare la conoscenza teorica da parte dello studente degli argomenti trattati a lezione. Le tre domande sono valutate con uguale peso (11 punti).

La presentazione del progetto consiste in 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.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione finale viene formulata secondo la seguente regola:

7/9 del voto finale assegnato mediante la prova orale;

2/9 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.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Fondamenti di MATLAB

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, G. Oriolo, Robotics - Modelling, Planning and Control, Springer 2010.

Gaddadevara M. S., Ganesh C. D., Krishnarajanagar G. S., Lalit M. P. Eds., Cyber-Physical Systems: A Computational Perspective, CRC Press 2015

Manfredi S, Multilayer Control of Networked Cyber-Physical Systems: Application to Monitoring, Autonomous and Robot Systems (Advances in Industrial Control), Springer 2017.

Dispense e materiali didattici forniti dal docente.

### **Bibliografia aggiuntiva:**

Fei Hu, Cyber-Physical Systems: Integrated Computing and Engineering Design, CRC Press, 2013.

B. Siciliano and O. Khatib Eds., Handbook of Robotics, Springer 2008

## CYBER-SECURITY

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	I NG-INF/04
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° Anno, 2° Semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72 Ore
<b>Docenti</b>	Luca Faramondi Lapi Mirko Masi Mario Canela Perez Maria José

### Obiettivi formativi specifici

Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cybersecurity al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema IT ed OT valutando i dettagli architettureali sia infrastrutturali che applicativi.

Inoltre, il corso si propone di fornire le conoscenze di base circa gli standard di sicurezza di dati fornendo un insieme di best practice necessarie per la gestione della sicurezza delle informazioni.

### Risultati di apprendimento specifici:

#### Conoscenza e capacità di comprensione:

- Conoscenza delle similitudini e delle principali differenze tra il contesto OT ed IT
- Consapevolezza dei legami tra processi fisici industriali e infrastruttura informatica
- Conoscenza dei principali protocolli di comunicazione nelle reti industriali e loro vulnerabilità
- Conoscenza delle similitudini e delle principali differenze tra il contesto OT ed IT
- Consapevolezza dei legami tra processi fisici industriali e infrastruttura informatica
- Conoscenza dei principali protocolli di comunicazione nelle reti industriali e loro vulnerabilità
- Conoscenza delle principali best practice che regolano la gestione della sicurezza delle informazioni

#### Conoscenze e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di progettare infrastrutture di rete e software per applicazioni OT minimizzando il rischio cyber.
- Capacità di organizzare attività di penetration testing e vulnerability assessment su piccoli impianti industriali
- Capacità di progettare soluzioni per l'identificazione e la mitigazione di minacce cyber

#### Autonomia di giudizio:

- Capacità di valutare le minacce legate a sistemi IT e servizi web.

#### Abilità comunicative e soft skill:

- Capacità di comunicare e relazionarsi con il docente ed i colleghi con riferimento a tematiche complesse quali la Cybersecurity.

## **Programma**

### **Parte I – Introduzione alle Operational Technologies**

Richiami di automazione

Sistemi di controllo (richiami). Sensori ed attuatori (richiami). Sistemi SCADA. Controllori industriali.

Mezzi trasmissivi.

Operational Technology ed Information Technology

Architetture ed elementi caratteristici degli impianti. Gestione degli aggiornamenti. Dispositivi IoT ed IIoT.

Sicurezza dei processi e caratteristiche di integrità, disponibilità e confidenzialità dei dati.

### **Parte II – La Sicurezza delle reti informatiche**

Architetture di rete

Dispositivi di rete. Topologie di rete. Tecniche di commutazione. Gestione della comunicazione.

Protocolli di comunicazione

Protocolli della suite TCP-IP. Protocollo ModBUS. Standard OPC UA. Tecniche di Crittografia.

Vulnerabilità delle reti e dei protocolli

Vulnerabilità dei protocolli industriali. Vulnerabilità delle reti wireless. Tecniche di attacco (ARP Spoofing, Man in the Middle, Denial of Service, Distributed Denial of Service).

Strumenti per Penetration Testing e Vulnerability Assessment

La distribuzione Kali Linux. Strumenti per simulazioni hardware in the loop. Mini CPS.

Soluzioni per il monitoraggio della rete

Intrusion detection Systems, Intrusion. Prevention Systems. Firewall. DMZ. Snort. Soluzioni Anomaly Based e Signature Based per l'identificazione delle minacce.

### **Parte III – La Sicurezza dei sistemi IT**

Sistemi di autenticazione ed accesso a servizi

Caratteristiche della sicurezza dei dati. Certificati digitali. Firma digitale. Servizi di posta. Metodi di autenticazione.

Sistemi di Gestione per la Sicurezza delle Informazioni

Norme per la sicurezza delle informazioni. La serie ISO/IEC27000. Certificazione, conformità e manutenzione dei sistemi per la sicurezza delle informazioni.

### **Parte IV – La sicurezza del software**

Vulnerabilità e minacce software. Security by Design. Approcci Design by Contract e Defensive programming. Code Injection. SQL Injection. Buffer Overflow. Privilege Escalation.

### **Parte V – Analisi delle Fonti Aperte**

Social Engineering. Strumenti per indagini OSINT. Shodan.IO

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (50%)

Esercitazioni in aula ed in laboratorio (30%)

Seminari con esperti (20%)

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Prova scritta e progetto di gruppo.

La prova scritta, della durata di 2 ore, prevede un esercizio di progettazione di infrastruttura di rete resiliente ad attacchi cyber in cui gli studenti dovranno mostrare la capacità di scegliere autonomamente, sulla base delle

competenze acquisite, quali strumenti utilizzare per realizzare una infrastruttura informatica. La prova scritta prevede inoltre tre quesiti aperti su argomenti trattati nel corso delle lezioni.

L'elaborato progettuale di gruppo (massimo 4 persone) consisterà nella progettazione ed implementazione di una porzione di un sistema di rete, sul quale eseguire penetration test e sviluppare soluzioni per l'incremento della sicurezza rispetto a minacce informatiche analizzate durante il corso. Sarà richiesta infine una presentazione di gruppo che evidenzii le motivazioni che sono alla base delle scelte effettuate per la realizzazione del progetto. Le linee guida per il progetto di gruppo sono consegnate agli studenti un mese prima del termine delle lezioni.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Sia per la prova scritta che l'elaborato progettuale verrà attribuito un punteggio espresso in trentesimi in relazione alla correttezza, esaustività e complessità del lavoro presentato. Una valutazione positiva sia della prova scritta che del progetto (pari, almeno, a 18/30) è condizione necessaria per il superamento dell'esame. Il voto finale sarà calcolato come media ponderata del voto della prova scritta (40%) e della valutazione del progetto di gruppo (60%).

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Fondamenti di Automatica. Basi di programmazione.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

Materiale didattico di supporto all'apprendimento

Dispense del docente

Articoli Scientifici

### **Testi di Consultazione**

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

Alan Calder, Steve Watkins "IT Governance: An International Guide to Data Security and ISO 27001/ISO 27002", Kogan Page Ltd, 2019

# COMPUTER VISION

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF/05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docenti</b>	Ermanno Cordelli Rosa Sicilia Paolo Soda

## Obiettivi formativi specifici:

Il corso si propone di far apprendere agli studenti i principi fondamentali e le applicazioni della Computer Vision (CV), ovvero le tecnologie che stanno nel cuore delle moderne applicazioni di Intelligenza Artificiale (AI) che possono percepire, comprendere e ricostruire il complesso mondo visivo e che si occupa di sviluppare l'insieme di quei processi che mirano a creare un modello approssimato del mondo reale partendo da immagini bidimensionali. La CV è una delle discipline di AI in più rapida crescita e più stimolanti nell'industria e nel mondo accademico di oggi. Questo corso è stato progettato per aprire le porte di questa disciplina agli studenti che sono interessati a conoscere i suoi principi fondamentali e le sue importanti applicazioni.

Gli studenti apprenderanno i principi di funzionamento di diverse applicazioni del mondo reale di largo uso nella nostra vita quotidiana, comprendendo ad esempio come gli algoritmi intelligenti supportano l'analisi degli accessi in zone riservate, come le auto a guida autonoma possono spostarsi in sicurezza analizzando la scena, o come i social media e/o diversi altri principali aziende rilevano volti e persone in un'immagine o in un video.

In particolare, lo studente dovrà:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche delle principali tecniche di elaborazione delle immagini e dei video;
- Comprendere i fondamenti per la costruzione di sequenze procedurali per l'acquisizione, l'elaborazione ed il riconoscimento di informazioni visive dall'ambiente sotto osservazione;
- Comprendere la potenzialità della CV per lo sviluppo di sistemi di analisi, classificazione autonoma e semi-autonoma della realtà;
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo per l'applicazione dei metodi di CV.

## Risultati di apprendimento specifici

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper interpretare in modo appropriato i principali passi degli algoritmi per la CV;
- Saper affrontare un problema di CV utilizzando gli adeguati strumenti computazionali (ad es. saper riconoscere un oggetto o un viso in un'immagine o in un video);
- Saper prendere decisioni complesse sulla base dell'analisi di basso livello (dei pixel) ed alto livello (elaborazione con IA) delle immagini e video acquisiti da un sistema di osservazione;
- Saper utilizzare strumenti software disponibili per la CV.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente dovrà:

- sapere giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali.
- sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati.
- sapere valutare l'adeguatezza di una procedura di modellazione della realtà.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà saper redigere, presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali. Dovrà inoltre saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## **Programma**

- Introduzione, presentazione del programma, metodi di esame, panoramica delle applicazioni industriali della Computer Vision, terminologia;
- Campionamento, quantizzazione, modelli di colore, trasformazione, rotazione, zoom e ridimensionamento;
- Statistica delle immagini: istogrammi, caratteristiche del primo e del secondo ordine;
- Sistemi lineari, filtri (media, mediana, gaussiana, soglia), convoluzione e correlazione;
- Ricostruzione dell'immagine;
- Rilevamento dei bordi tramite sharpening, Sobel e Laplaciano;
- Rilevamento dei bordi tramite Canny, trasformata di Hough e trasformata di Hough generalizzata;
- Caratteristiche e adattamento - RANSAC, rivelatore Harris, Scale Invariant Keypoint Detection, LoG, DoG, Harris-Laplacian;
- Descrittori di caratteristiche - SIFT, HOG, Omografia;
- Ridimensionamento con seam carving;
- Segmentazione;
- Clustering per l'analisi delle immagini;
- Riconoscimento visivo;
- Riduzione della dimensionalità: Riconoscimento dei volti e riduzione delle caratteristiche;
- Identificazione dei volti;
- Visual Bag of Words;
- Rilevamento di oggetti;
- Movimento e inseguimento: Flusso ottico, metodo Lucas-Kanade, Piramidi per grandi movimenti, metodo Horn-Schunk, strati e coerenza spaziale;
- Deep learning: reti neurali convoluzionali, autoencoders e U-Net;
- eXplainable Artificial Intelligence;
- Introduzione alle reti generative avversarie;
- Attività di laboratorio: Python e OpenCV, anche in cloud.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al computer è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 costruzione di sistemi in grado di acquisire ed osservare intelligentemente la realtà, prendendo da tale analisi decisioni di alto livello, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di CV.

Agli studenti verrà fornito un task reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio, si può fornire un sistema di acquisizione video attraverso telecamere, richiedendo agli studenti di sviluppare una catena di algoritmi in grado di segmentare e riconoscere determinati oggetti all'interno delle immagini raccolte nel tempo.

Nel lavoro sperimentale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura individuata per la soluzione, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, la fattibilità del sistema proposto considerando l'impatto con la realtà in termini di costi computazionali e robustezza dell'approccio. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

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 della CV. Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre i metodi di segmentazione basati sul clustering". Durante la prova orale saranno anche discusse le applicazioni sviluppate nel lavoro sperimentale.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, che pesa al 75%. 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. Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di ricordarli in modo logico e coerente. La lode si consegue dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e di giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Si raccomanda il superamento della prova finale dell'insegnamento di Fondamenti di Intelligenza Artificiale.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

David Forsyth, Jean Ponce, "Computer Vision: A Modern Approach"

Gary Bradski, Adrian Kaehler, "Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library"

Xiaoyue, JiangAbdenour, HadidYanwei, PangEric, GrangerXiaoyi, Feng, "Deep Learning in Object Detection and Recognition"

# DEEP LEARNING OF BIG DATA

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-INF-05
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Inglese
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docente</b>	Ing. Mario Merone

## Obiettivi formativi specifici

Il corso approfondirà i principali approcci del Deep Learning basati su reti neurali profonde per l'analisi di dati multidimensionali. Gli algoritmi di apprendimento profondo sono modelli generali non lineari che sono in grado di apprendere le caratteristiche direttamente dai dati, che li rende una scelta eccellente per applicazioni robotiche, di elaborazione del linguaggio naturale, di assistenza sanitaria e di visione artificiale. Saranno approfonditi concetti e tecnologie relative all'analisi dei Big Data. Lo scopo del progetto finale sarà quello di imparare ad affrontare in autonomia un problema reale o di laboratorio applicando un modello di rete neurale per creare un'applicazione o per valutare sperimentalmente la capacità degli approcci di Deep Learning in vari contesti. Il corso sarà costituito da due parti una composta da lezioni frontali teoriche e una seconda parte svolta di laboratorio concertata sull'applicazione dei modelli analizzati tramite il linguaggio Python.

## Risultati di apprendimento specifici

Conoscenza e capacità di analizzare un problema reale, di formulare un modello di rete neurale profonda adatto al problema reale analizzato, di implementare correttamente l'algoritmo del modello e, infine, di interpretare i risultati.

Conoscenza e capacità di analizzare e valutare autonomamente quali sono le scelte appropriate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali.

Capacità di giudicare autonomamente le principali caratteristiche dei modelli e di saper valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

Capacità di analizzare, sintetizzare, presentare ed esporre le possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali e i contenuti dell'insegnamento con un linguaggio tecnico adeguato.

## Programma

### PARTE 1: Lezioni frontali (60%)

Richiami all'algebra lineare, alla probabilità, alla teoria dell'informazione e al calcolo numerico;

Deep FeedForward Net: architettura delle reti, funzioni di attivazioni, addestramento basato sul gradiente, funzioni di rischio/costo e la teoria della back-propagation;

Regolarizzazione per il Deep Learning: metodi di regolarizzazione L1 e L2 usati per prevenire overfitting, metodo del Dropout, tecniche di data augmentation.

Ottimizzazione addestramento per i modelli Deep: specifiche algoritmi di ottimizzazione per l'addestramento Deep, minimizzazione dell'errore medio di addestramento, funzione di perdita surrogata, addestramento con arresto anticipato, algoritmi di addestramento con partizioni del training (mini batch);

Convolutional Networks: architettura reti convolutive, pooling, struttura uscite (Softmax);

Reti per l'addestramento sequenziale: architetture reti ricorrenti (Recurrent NN), architetture reti ricorsive (Recursive NN), architetture Encoder-Decoder Sequence-to-Sequence, Long- Short Term Memory RNN;

Autoencoders: struttura rete, addestramento per ricircolo e regolarizzazione, costruzione rete con Keras, Denosing autoencoder (DAE);

Representation Learning: Greedy layer-wise unsupervised pretraining, Transfer Learning e Domain Adaptation;

Modelli Probabilistici strutturati per il Deep Learning: Modelli diretti e Modelli indiretti, partition function, metodo Monte Carlo, approssimazione inferenza;

Generative Adversarial Networks (GANs): Principi delle GANS, Modello generativo contro modello discriminativo, Variational Autoencoder (VAE), addestramento GAN, Wasserstein GAN, Wasserstein GAN Penalty (WGAN-GP);

Reinforcement Learning: Schema di base del Reinforcement Learning, funzioni ricompensa e la Q-function, Processo decisionale di Markov, costruzione della classe ambiente, Temporal Difference Learning, Q-learning, SARSA, Deep Q Network (DQN), Double DQN and Dueling DQN, Policy Based Reinforcement Learning Approaches;

Big Data Analysis: Definizione di Big Data; manipolazione, archiviazione e analisi di Big data tramite i due tool più comuni Hadoop e Spark;

Data Mining e Process Mining: Paradigmi, principali algoritmi e applicazioni.

Esempi di Applicazioni con Il Deep Learning per Big Data: Natural Language Processing, Computer Vision and IoT applications;

## **PARTE 2: Laboratorio (40%)**

Tutti gli argomenti affrontati durante le lezioni saranno analizzati dal punto di vista dello sviluppo algoritmico attraverso lezioni in laboratorio dove sarà approfondito l'uso di Matlab per applicazioni di Deep Learning, in dettaglio saranno analizzate le principali librerie di Python per il Deep Learning e principali framework per la gestione dei Big Data: Tensorflow, PyTorch, Keras, OpenAI Gym, Hadoop and Spark.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali (60% del totale delle lezioni), in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Esercitazioni in laboratorio (40% del totale delle lezioni), per insegnare l'uso degli strumenti software utili per la modellizzazione di grandi quantità di dati e di processi e per la modellizzazione e sviluppo di reti in deep learning. Lo studente svilupperà un progetto di gruppo su tematiche inerenti al corso.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità richieste verranno verificate mediante un progetto svolto dagli studenti in gruppo e una prova orale svolta singolarmente da ogni studente. In cui viene chiesto di applicare gli strumenti di analisi dati e di illustrare argomenti specifici del programma, mettendo in relazione i diversi aspetti dell'impiego di strumenti di Deep Learning per l'analisi di grandi quantità di dati.

Il progetto consisterà nello sviluppo e validazione di un sistema di Deep Learning nell'ambito dei Big Data. Gli studenti dovranno dimostrare la capacità di impostare correttamente il progetto, di individuare la soluzione idonea analizzando la letteratura selezionata in parte dal docente, di essere in grado di gestire in maniera efficiente l'implementazione del sistema e la gestione dei dati. Inoltre, gli studenti dovranno sviluppare una corretta procedura di validazione del sistema sviluppato.

Una valutazione positiva del progetto (pari, almeno, a 18/30) è condizione necessaria per ogni componente del gruppo per poter accedere alla prova orale.

La prova orale consiste ha come obiettivo la verifica degli argomenti trattati durante il corso oltre una discussione sul progetto svolto in gruppo. Durante la prova gli studenti dovranno dimostrare di aver acquisito chiara conoscenza e comprensione dei diversi paradigmi di addestramento profondo e dei principali concetti relativi alla gestione, elaborazione e manipolazione di grande quantità di dati. È prevista una durata della prova orale di 45 minuti.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione è espressa in trentesimi e l'esame si considera superato se il voto è superiore o uguale a 18. Il voto finale sarà la media dei voti ottenuti sia con il progetto di gruppo sia con la prova orale che ogni studente svolgerà singolarmente. Entrambi i voti delle due prove saranno in trentesimi. La lode viene attribuita solo se si è ottenuto il punteggio massimo in entrambe le prove.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense scaricabili sul portale didattico.

I contenuti del corso sono inclusi nei seguenti testi di riferimento:

Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville - Deep Learning, The MIT Press.

Rowel Atienza - Advanced Deep Learning with Keras, Packt.

Mohit Sewak - Deep Reinforcement Learning, Springer.

Process Mining: Data Science in Action, Springer

## **ECONOMICS AND SMART MANAGEMENT OF ELECTRICAL SYSTEMS**

<b>Moduli componenti</b>	Modulo 1 Economia degli Smart Energy Project Modulo 2 Metodi e strumenti per la gestione intelligente dei sistemi elettrici
<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	SECS-P/11 ING-IND/33
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2° anno 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	3 CFU (Economia degli Smart Energy Project) 6 CFU (Metodi e strumenti per la gestione intelligente dei sistemi elettrici)
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	27 (Economia degli Smart Energy Project) 54 (Metodi e strumenti per la gestione intelligente dei sistemi elettrici)
<b>Docenti</b>	Roberto Guida (Economia degli Smart Energy Project) Francesco Conte (Metodi e strumenti per la gestione intelligente dei sistemi elettrici)

## **Obiettivi formativi specifici**

Il corso consente allo studente di acquisire i principi di funzionamento di base e le declinazioni operative dei sistemi elettrici intelligenti sia dal punto di vista economico-finanziario, sia dal punto di vista tecnico. I contenuti erogati forniscono gli elementi necessari alla comprensione teorica e pratica delle dinamiche di interazione tra gli utenti e gli operatori dei sistemi di distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica. Lo studente potrà acquisire competenze circa il perimetro normativo in cui è inquadrato lo sviluppo di uno Smart Energy Project, con un particolare focus su nuove architetture come Smart City, Smart Buildings ed Energy Community, le loro possibili strutture organizzative, i modelli di business, gli strumenti di valutazione economico-finanziaria, oltre agli aspetti tecnici e alle metodologie di gestione intelligente.

## **Risultati di apprendimento specifici**

Capacità di disegnare l'architettura, dimensionare correttamente le componenti, progettare l'algoritmo di gestione intelligente, ed elaborare una valutazione economica-finanziaria di una microgrid, vale a dire un "piccolo" sistema elettrico che serve una Smart City, o un Smart Building o una Energy Community.

Conoscenza e capacità di comprensione delle problematiche basilari e gli strumenti di gestione, ottimizzazione e controllo dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.

Capacità di presentare ed esporre le possibili soluzioni progettuali applicabili a casi reali, con adeguato linguaggio tecnico coerente con i contenuti dell'insegnamento.

Capacità di lavorare in team, anche in collaborazione con aziende del settore.

## **Programma**

Lo scopo di questo corso è illustrare agli studenti, in primo luogo, il perimetro normativo in cui sono inquadrati i servizi di generazione e distribuzione dell'energia elettrica, nonché le nuove modalità di consumo attivo ed intelligente come Smart City, Smart Buildings ed Energy Community. In particolare saranno analizzate le loro possibili strutture organizzative, i modelli di business e gli strumenti di valutazione economica-finanziaria. I contenuti riguarderanno poi gli aspetti tecnici e i modelli matematici di base di tutte le componenti del sistema elettrico, introducendo anche le metodologie di gestione e controllo intelligente, che si avvalgono di tecnologie hardware e software proprie delle smartgrid. Il corso fornisce inoltre competenze e conoscenze relative all'utilizzo di tecniche avanzate di analisi dei dati (reti neurali artificiali, identificazione di serie temporali) per la previsione dei profili di consumo, di generazione e del prezzo dell'energia, e di metodi di ottimizzazione e controllo a supporto delle decisioni degli operatori.

### **Modulo 1 (Economia degli Smart Energy Project)**

L'evoluzione del mercato elettrico italiano: obiettivi e meccanismi abilitanti

Il quadro normativo sugli Smart Energy Project

Le soluzioni tecnologiche abilitanti

La filiera degli Smart Energy Project: i modelli di business degli operatori

La sostenibilità economica degli Smart Energy Project

Il potenziale di diffusione degli Smart Energy Project

### **Modulo 2 (Metodi e strumenti per la gestione intelligente dei sistemi elettrici)**

Il mercato dell'energia

Concetti base, i produttori, i consumatori, i "prosumer" modelli misti

I mercati dell'energia elettrica (day-ahead, bilanciamento, servizi di dispacciamento)

Esempi elementari

Presentazione di casi studio

Il Sistema Elettrico

Descrizione funzionale, dimensioni, distribuzione territoriale

Il concetto di smartgrid, di microgrid, di Energy Community

I dispositivi ICT quali enabling factor per le smartgrid

Modelli

Modelli delle componenti di una microgrid

sistemi di generazione (fotovoltaico, eolico, cogeneratori)

carichi (utenze)

sistemi di accumulo (batterie)

Modelli per la gestione ottimizzata di una microgrid

unit commitment e dispacciamento

regolazione e controllo

servizi alla rete elettrica

Strumenti Informatici

reti neurali artificiali

identificazione stocastica delle serie temporali

metodi di ottimizzazione

strumenti dell'intelligenza artificiale e confronti con metodi di ottimizzazione

esempi applicativi di load forecasting, generation forecasting, optimal operation

Sistemi di gestione intelligente (Management Systems)

Descrizione tecnologico-funzionale di Energy & Distribution Management System.

Casi studio (reti elettriche di distribuzione, large building management system, electric vehicle fleet management, ecc.)

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (65%).

Esercitazioni ed implementazione al computer di progetti di esempio (25%).

Seminari di Industrie leader del settore, stage e visite ad impianti (10%).

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'esame del corso consiste in un test orale e in un progetto.

Il test orale prevede tre domande, una sul modulo 1 e due sul modulo 2. La domanda sul modulo 1 riguarderà uno o due degli argomenti trattati allo scopo di verificarne la conoscenza e la comprensione. La prima domanda del modulo 2 riguarderà uno tra gli argomenti A (Il mercato dell'energia) e B (Il Sistema Elettrico) allo scopo di verificarne la conoscenza e la comprensione. La seconda domanda riguarderà uno degli argomenti C (Modelli), D (Strumenti Informatici) ed E (Management Systems) allo scopo di verificarne la conoscenza e la comprensione.

Il progetto riguarderà la progettazione tecnica e la valutazione economica-finanziaria di una microgrid, vale a dire un "piccolo" sistema elettrico che serve una Smart City, o un Smart Building o una Energy Community e prevede la stesura di un breve rapporto tecnico di circa 10 pagine.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

L'apprendimento dei contenuti del corso sarà valutato con un voto per il progetto ed un voto per la prova orale. La votazione finale sarà ottenuta come media pesata dei due voti. Il peso del progetto è pari al 35% mentre quello della prova orale è pari al 65%.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Programmazione di base. Concetti di base di teoria dei sistemi (funzione di trasferimento, sistemi nello spazio di stato). Si consiglia il superamento della prova finale dell'insegnamento di Ottimizzazione.

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense fornite dai docenti.

## **ELECTRONICS AND INTERFACES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/01

**Anno di corso e semestre di erogazione**    2° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento**    Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      9

**Numero di ore di attività didattica**      72

**Docenti**                      Giorgio Pennazza  
  Marco Santonico  
  Alessandro Zompanti

### **Obiettivi formativi specifici**

Fornire allo studente le conoscenze di base dell'elettronica e delle interfacce necessarie per sviluppare applicazioni in campo industriale, tramite un approccio teorico-pratico, orientato alla risoluzione di specifiche ed attuali problematiche reali.

### **Risultati di apprendimento specifici**

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

Fornire allo studente le conoscenze di base sull'elettronica e sulle interfacce elettroniche per la gestione ottimale di sistemi e reti di sensori in campo industriale.

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Le conoscenze sopra riportate dovranno fornire allo studente l'abilità di confrontarsi in maniera consapevole e propositiva con le più moderne tecnologie elettroniche utilizzate in diverse applicazioni industriali.

#### **Autonomia di giudizio**

Le conoscenze e capacità di comprensione acquisite, dovranno consentire allo studente di valutare e selezionare i componenti elettronici e le soluzioni circuitali più appropriate, valutando contestualmente il mercato e le esigenze dell'industria, trovando la sintesi in un compromesso tra l'innovazione e i costi in termini di tempistiche e investimenti.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera puntuale e competente, le scelte operate nello sviluppo di una specifica applicazione.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente sarà nella condizione di ampliare le proprie conoscenze grazie alla possibilità di confrontarsi con problematiche reali e attuali legate al tessuto industriale.

## **Programma**

I contenuti seguiranno un ordine cronologico legato allo sviluppo di un'applicazione industriale specifica: la prima parte richiamerà argomenti teorici di elettronica di base propedeutici alle successive attività didattiche; seguirà una parte in laboratorio nella quale verranno realizzati dei generici circuiti elettronici di interfaccia che rappresentano un paradigma declinabile nelle specifiche applicazioni che seguiranno; nell'ultima parte del corso queste conoscenze teorico-pratiche verranno impiegate per la realizzazione di un sistema atto alla risoluzione di una specifica applicazione industriale, proposta da esperti operanti in vari campi applicativi/industriali (ambientale, alimentare, bio-medico,...).

### **ELETRONICA DI BASE (3 CFU) - GP**

Richiami sull'analisi dei circuiti nel tempo e in frequenza, amplificatori operazionali, diodi, transistor, invertitore logico e porte logiche, convertitori AD e DA, Interfacce elettroniche, elementi di elettronica industriale

### **LABORATORIO DI ELETRONICA (3 CFU) - MS**

Simulazione di circuiti elettronici, realizzazione e test di circuiti elettronici di interfaccia in configurazioni standard.

### **APPLICAZIONI INDUSTRIALI (3 CFU) - AZ**

Le conoscenze teorico-pratiche acquisite nella prima parte del corso, verranno impiegate per la realizzazione di un sistema atto alla risoluzione di una specifica applicazione industriale, proposta da esperti operanti in vari campi applicativi (ambientale, alimentare, bio-medico,...): a tal fine i circuiti standard studiati e testati nelle fasi iniziali del corso verranno ottimizzati per il particolare utilizzo. Verranno inoltre individuate ed utilizzate correnti soluzioni commerciali come microcontrollori, schede di acquisizione e sensori.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali sugli argomenti base dell'elettronica e delle interfacce elettroniche. Lavori di gruppo in laboratorio per la realizzazione e il test di circuiti standard per interfacce elettroniche. Lavori di gruppo in laboratorio per la declinazione dei circuiti standard per interfacce elettroniche testati nella risoluzione di specifiche problematiche industriali.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

I metodi di valutazione si baseranno su una prova orale e pratica.

La prova orale si svolgerà in laboratorio e prevederà l'uso di computer, sw di simulazione e strumentazione, consentendo di verificare la capacità dello studente di sviluppare un progetto di elettronica per una applicazione industriale.

Allo studente verrà chiesto di impostare un progetto simile a quelli affrontati durante lo svolgimento del corso. Lo studente avrà a disposizione 40 minuti circa e dovrà dimostrare di saper utilizzare il SW simulatore di circuiti elettronici; di saper riconoscere, scegliere e mettere insieme i vari componenti elettronici; di saper utilizzare gli strumenti di laboratorio per verificare il corretto funzionamento del circuito.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova orale nella quale allo studente sarà richiesto presentare l'applicazione sviluppata, approfondendo durante l'esposizione le sue conoscenze

teorico-pratiche. Il voto finale sarà composto di tre fattori (ciascuno valutato con un voto da 0 a 10), che andranno a valutare: le conoscenze di base necessarie per la realizzazione del progetto, l'abilità nell'utilizzo degli strumenti di laboratorio, la capacità di realizzare un set-up funzionante del progetto sviluppato.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Materiale a cura del docente

Sedra/Smith – Circuiti per la Microelettronica, Edises

## **FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-INF/05

**Anno di corso e semestre di erogazione**    1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      9

**Numero di ore di attività didattica**      72

**Docenti**                      Paolo Soda  
    Ermanno Cordelli

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso di Fondamenti di Intelligenza Artificiale ha come principale obiettivo che gli studenti acquisiscano i concetti di base del Machine Learning (ML), 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, che può dare luogo a decisioni automatiche o a sistemi di supporto alle decisioni. Ad esempio, l'apprendimento può avvenire catturando caratteristiche di interesse provenienti da strutture dati o sensori, per analizzarne e valutarne le relazioni tra le variabili osservate, o per sviluppare modelli predittivi. In generale, il risultato dell'elaborazione di tali informazioni può essere utilizzato in sistemi complessi.

In particolare lo studente dovrà:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per l'apprendimento (ad es. apprendimento supervisionato e non, classificatori e regressori, modelli di apprendimento distance-based e model-based, classificatori lineari e kernel, metodi di combinazione dei classificatori, concetti di 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 sistemi di supporto alle decisioni, per il data mining e per il big data analytics;
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo per l'applicazione dei metodi di ML.

## Risultati di apprendimento specifici

### 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 supervisionati e non supervisionati (classificazione, regressione e clustering), con cenni ai problemi di regressione;

Saper affrontare un problema di analisi dei dati realizzando sistemi decisionali (ad es. per prendere delle decisioni a seguito dell'elaborazione di un dato, di un segnale o di una immagine);

Saper individuare le variabili che descrivono un problema decisionale con maggior potere informativo;

Saper utilizzare strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di ML.

### Autonomia di giudizio

Lo studente dovrà:

- Sapere giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali.
- sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati
- 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, nonché saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

### Capacità di apprendere

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia.

## Programma

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;

Metodi validazione

Tipi di classificatori, classificazione supervisionata, non supervisionata, semi-supervisionata, regressione, apprendimento per rinforzo;

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, la teoria Bayesiana della decisione e il classificatore Bayesiano;

Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni del kNN, considerazioni computazionali;

Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, i tipi di kernel, il problema dello XOR affidabilità delle decisioni;

Alberi decisionali (CART, ID3, C4.5); l'albero come strumento per la regressione e la feature selection

Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria di problemi multiclasse;

Sistemi Multi-Esperto: bagging e boosting, adaboost; random forest

Feature selection e PCA

Data Preparation e cleaning: Data cleaning, Missing data, Incorrect e inconsistent data, Scaling e normalization, Data reduction e transformation, Data sampling, Data reduction con trasformazione di tipo (per le Time series)

Introduzione alle reti neurali e al deep learning. Modello del neurone, funzioni di trasferimento, il perceptrone, LMS,

gradiente discendente stocastico, introduzione MLP, il problema della saturazione, Error-Backpropagation, cross-entropy, Softmax, ReLU, Tecniche per combattere overfitting (ad es. regolarizzazione L1 e L2, dropout), il problema del gradiente evanescente o esplosivo

Unsupervised learning, clustering, e stima delle prestazioni: definizione di apprendimento non supervisionato, nomenclatura e principali applicazioni, conoscenza teorica e algoritmica dei principali algoritmi di clustering (Gerarchico Agglomerativo, K-means, DB-SCAN, Expectation Maximization, Mean Shift e Spectral Clustering), conoscenza delle principali metriche di stima delle prestazioni interne ed esterne (Silhouette index ed Adjusted Rand index)

Metodi per la regressione (lineare, logistica, kNN, alberi) e stima delle prestazioni

Cenni di apprendimento per rinforzo

Introduzione all'analisi delle time series: definizioni di time series univariate e multivariate, preprocessing e riduzione del rumore, metodi di rappresentazione (trasformata discreta di Fourier e Symbolic Aggregate Approximation), forecasting con modelli autoregressivi, classificazione con Dynamic Time Warping e Time-Delay Neural Networks, cenni sul clustering e tassonomia.

Laboratorio: uso di librerie in Python per l'IA, anche in ambiente cloud

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al computer è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

## **Metodi e criteri di valutazione 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 di 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 acquisito da un dispositivo IoT, richiedendo agli studenti di sviluppare un algoritmo in grado di predire il valore futuro del segnale stesso.

Nel lavoro sperimentale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura individuata per la soluzione, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

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. Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono: la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento, l'impiego di un linguaggio appropriato. Ciascuno di questi elementi pesa in modo paritario nella valutazione della prova orale, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre l'algoritmo di classificazione basato su albero decisionale".

## Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, che pesa al 75%. 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. Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccordarli in modo logico e coerente. La lode si consegue dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e di giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

## Propedeuticità

Si raccomanda il superamento della prova finale dell'insegnamento di Ottimizzazione.

## Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato

Bishop, Pattern recognition and machine learning. Springer, 2006

Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012

Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics

Aurélien Géron - Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: Techniques and Tools to Build Learning Machines, O'Reilly;

Charu C. Aggarwal - Data Mining The Textbook. Springer 2015.

Charu C. Aggarwal, Chandan K. Reddy - Data Clustering: Algorithms and Applications

Dispense fornite dal docente

# IL FATTORE UMANO NELLA TRANSIZIONE DIGITALE

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** M-Fil/02

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 2° semestre

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 3 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 24 ore

**Docenti** Marta Bertolaso (Titolare)  
Nicola Di Stefano

## Obiettivi formativi specifici

Il corso dal titolo Il fattore umano nella transizione digitale (ML) si propone di sviluppare una riflessione critica sull'Intelligenza Artificiale, partendo da concetti chiave, quali la meccanizzazione del pensiero, del software, dei dati, fino all'analisi del rapporto uomo-macchina e alle implicazioni filosofiche dell'uso dell'AI nella costruzione di una 'buona società'.

In particolare, lo studente dovrà:

- Riconoscere i problemi filosofici, epistemologici e metodologici del tema del pensiero computazionale e della meccanizzazione del pensiero;
- Spiegare il dualismo mente-corpo e la sua trasposizione in software-hardware;
- Acquisire un adeguato livello di conoscenza dell'interazione uomo-macchina sia nella fase di formazione del software, come nel caso del machine-learning, sia nell'uso del software;
- Comprendere la posizione espressa nei documenti europei sul concetto di IA degna di fiducia;
- Comprendere le responsabilità etiche e sociali e il concetto di nuova globalizzazione.

Lo studente deve acquisire le seguenti competenze specifiche

- Sviluppare un atteggiamento critico e costruttivo nell'interpretazione dei concetti di IA;
- Discutere e argomentare le diverse posizioni sul dualismo nell'IA;
- Identificare casi di studio appropriati per descrivere l'interazione uomo-macchina;
- Analizzare criticamente i documenti europei relativi all'IA;
- Saper utilizzare strumenti concettuali per sviluppare un pensiero critico sulle responsabilità etico-sociali delle nuove tecnologie.

## **Risultati di apprendimento specifici**

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente dovrà saper discutere le posizioni teoriche sull'AI. Dovrà inoltre argomentare sulle principali caratteristiche epistemologiche della relazione uomo-macchina, e dovrà saper valutare l'adeguatezza di proposizioni sull'AI.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà saper esporre con adeguato linguaggio e coerenza logica i contenuti dell'insegnamento.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia in grado di favorire il dialogo tra approcci accademici e le necessità di applicazione industriale.

## **Programma**

Contenuti del corso sia per le lezioni frontali, seminari e discussione in aula:

Dalla persona che computa al computer, la meccanizzazione del pensiero;

La definizione filosofica di Intelligenza Artificiale dal punto di vista filosofico;

Cosa è un software? Cosa è l'hardware?

Dai dati d'esperienza ai big data;

Il dualismo cartesiano mente-corpo e la dicotomia software-hardware;

L'interazione uomo-macchina in una prospettiva d'analisi filosofica;

Dalla relazione uomo-uomo alla relazione uomo-macchina fino alla relazione macchina-macchina;

La posizione dei documenti europei su Trustworthy AI;

Quale posizione etica per l'AI? Una rassegna di posizioni;

La responsabilità etica e sociale;

L'importanza dell'AI per una 'good society'.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Le modalità del corso e l'esame finale contribuiscono agli obiettivi spiegati sopra. Durante il corso, le lezioni frontali saranno alternate a presentazioni da parte degli studenti.

In questo modo sarà possibile approfondire, da un punto di vista concettuale, le questioni presenti nel dibattito contemporaneo sull'IA e sulla transizione digitale e sviluppare una riflessione critica su questi temi offrendo opportunità essenziali di dialogo accademico sia tra gli studenti che con i docenti.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Modalità di verifica: esame orale e partecipazione attiva in aula. Per partecipazione attiva, si intende la capacità di interagire criticamente con il docente e con gli altri studenti attraverso domande, obiezioni o risposte ai quesiti sollevati dal docente durante la lezione. All'esame orale, le conoscenze acquisite sono valutate sulla base della chiarezza e precisione espositiva e al contributo personale negli argomenti scelti dagli studenti.

Con riferimento esplicito ai risultati di apprendimento specifico, si esplicitano i seguenti criteri.

Per l'Autonomia di giudizio, allo studente sarà chiesto di inquadrare le posizioni teoriche presentate in aula in maniera obiettiva e completa, e verrà chiesto di approfondire la dimensione epistemologica della relazione uomo-macchina e di valutare l'adeguatezza delle proposizioni sull'AI.

Per le Abilità comunicative, si valuterà anzitutto la capacità di veicolare i concetti e le informazioni in modo coerente, logico e scorrevole, con particolare attenzione all'uso del linguaggio specifico.

Per la capacità di apprendere, si valuterà la capacità di apprendere contenuti in maniera autonoma e soddisfacente, anche ponendoli in relazione coi contenuti appresi in altri corsi o contesti lavorativi e industriali.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Per superare l'esame con un voto di almeno 18/30, lo studente deve dimostrare, attraverso l'esame orale e le attività di discussione in aula, di aver acquisito una consapevolezza minima delle questioni filosofiche, epistemologiche ed etiche riguardo l'Intelligenza Artificiale articolando il pensiero secondo gli argomenti trattati a lezione.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 27/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito, sia durante l'esame orale che in aula, non solo una conoscenza approfondita degli argomenti trattati a lezione, sapendoli raccordare in modo logico e coerente, ma anche una capacità critica di argomentare a favore o contro le posizioni esposte dai docenti o dagli altri studenti.

Sarà presa in considerazione per la lode la capacità di creare collegamenti con altre discipline o argomenti di altri esami.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Si raccomanda di aver superato almeno un corso di Humanities, Filosofia o Etica nel triennio e poter dimostrare qualche competenza nell'ambito ICT/Robotics.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense e articoli forniti durante il corso

### **Testi consigliati:**

Johnson-Laird, P. (1990), La mente e il computer: introduzione alla scienza cognitiva. Bologna, il mulino

Berry, D. (2011), The Philosophy of Software, New York, Palgrave McMillan

Ilde, D. (1990), Technology and the Lifeworld, Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press

The European Commission's High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (2018), A Definition of AI: Main Capabilities and Scientific Disciplines.

The European Commission's High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (2019), Draft Ethics Guidelines for Trustworthy AI. Working Document for Stakeholders' Consultation.

Clarke, A. (2001) Mindware: An Introduction to the Philosophy of Cognitive Science. New York/Oxford: Oxford University Press

## INNOVAZIONE E TRASFORMAZIONE DIGITALE

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/35

**Anno di corso e semestre di erogazione**    1° anno 2° semestre

**Lingua di insegnamento**    Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      9

**Numero di ore di attività didattica**      72

**Docente**      Francesco Cappa

### Obiettivi formativi specifici

Il corso tratterà i fenomeni dell'innovazione e della trasformazione digitale da un punto di vista teorico e pratica. L'obiettivo è quello di fornire le conoscenze e le competenze necessarie per poter gestire l'innovazione e la trasformazione digitale nelle organizzazioni pubbliche e private.

### Risultati di apprendimento specifici:

#### Conoscenza e capacità di comprensione.

Il corso ha come obiettivo che gli studenti acquisiscano conoscenze inerenti ai processi innovativi e alla trasformazione digitale di impresa e alle problematiche inerenti la loro gestione. Nel contesto turbolento in cui operano oggi giorno le aziende, la digitalizzazione e l'innovazione sono sempre più pervasive e cruciali per il successo aziendale. Il corso intende quindi offrire agli studenti gli strumenti per analizzare diverse funzioni aziendali e come esse cambiano continuamente a seguito di questi trend. In particolare si approfondiranno: a) strategie aziendali, dalle forze di Porter ai fenomeni della modularizzazione e dei Big Data; b) gestione dell'innovazione, dalle innovazioni di prodotto ai servizi, ai network effect, al business model innovation ed alla Open Innovation.

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione.

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

Saper interpretare in modo appropriato il concetto e l'importanza della strategia per il successo aziendale;

Saper interpretare il ruolo e le sfide apportate dalla trasformazione digitale nella definizione delle strategie aziendali e nell'ottenimento di un vantaggio competitivo;

Saper interpretare in modo appropriato il concetto e la centralità dell'innovazione per il successo aziendale, e le possibili forme di innovazione;

Saper analizzare i principi ed i metodi di sviluppo delle innovazioni;

Saper identificare le opportunità di innovazione offerte dalla trasformazione digitale;

### **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 analizzare e giudicare i principali trend della trasformazione digitale e le ricadute sulle varie funzioni aziendali.

### **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 in lavori individuali e di gruppo.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per discutere sui temi dell'innovazione e della trasformazione digitale e interagire all'interno della vita aziendale con i colleghi con un alto grado di autonomia.

## **Programma**

### **Modulo 1 (10 ore):**

Panoramica su innovazione e trasformazione digitale

Strategia e vantaggio competitivo

### **Modulo 2 (10 ore):**

Definizione dell'innovazione

Classificazione delle tipologie di innovazione

Gestione dell'Innovazione;

Servitization come nuovo trend innovative

Appropriabilità dell'Innovazione e Meccanismi di Protezione dell'Innovazione;

### **Modulo 3 (10 ore):**

Business model

Business model innovation

### **Modulo 4 (10 ore):**

Effetti e trend della trasformazione digitale

Network effect per il successo dell'innovazione

Big Data come nuova risorsa a disposizione

Open Innovation: crowdsourcing e crowdfunding

Blockchain.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

L'insegnamento si basa su lezioni frontali (70% delle ore) e analisi di casi studio (10% delle ore previste). Inoltre saranno previsti dei lavori di gruppo opzionali (a cui saranno dedicate il 20% delle ore previste).

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Come metodo di valutazione dell'apprendimento è previsto un esame scritto con domande a risposta aperta e domande a risposta multipla. Inoltre per gli studenti che partecipano alle lezioni in classe in classe e che conducono lavori di gruppo opzionale è prevista la possibilità di ottenere punti bonus per l'esame.

## **Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Esame scritto con domande aperte (20 punti) e domande a risposta multipla (10 punti). Durante il corso gli studenti possono ottenere dei bonus da utilizzare all'esame (fino ad un massimo di 3 punti) prendendo parte a dei lavori di gruppo opzionali.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Si raccomanda, ma non è obbligatorio, il superamento di esami inerenti ai settori ING-IND/35 e SEC-P/08 conseguiti durante la triennale.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Slide e materiale fornito dal docente.

Gestione dell'innovazione, 3° Edizione, di Melissa A. Schilling (edizione italiana a cura di Francesco Izzo)

Economia e gestione delle imprese, 4° Edizione, di Franco Fontana e Matteo Carli

Coinvolgimento delle «crowd» per ricerche, innovazioni e ambiente costruito sostenibili 1/ed di Cappa F. e Rosso F.

# **INGLESE GENERALE**

**Settore scientifico-disciplinare** L-LIN/12

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° anno, 1° semestre

**Carico didattico in crediti formativi universitari** CFU N. 3

**Numero di ore di attività didattica assistita** 30 ore

**Docenti** Centro Linguistico d'Ateneo

## **Obiettivi formativi specifici**

Il corso di inglese è erogato al I anno di corso e mira a rafforzare le competenze linguistiche, coprendo tutte le abilità: reading, writing, listening e speaking.

Ogni studente all'inizio del corso è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali e attraverso i quali a conclusione del corso lo studente potrà conseguire i livelli dal B1.1 al C1.3 (a seconda del posizionamento iniziale) del Quadro di Riferimento Europeo per le Lingue. Gli studenti che avranno conseguito al test di posizionamento un livello pari o superiore al C2.1 sono esonerati dal seguire il corso curriculare di Inglese.

## Risultati di apprendimento specifici

Con il raggiungimento del livello B1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere i punti chiave di argomenti familiari che riguardano la scuola, il tempo libero ecc.
- Muoversi in situazioni che possono verificarsi mentre viaggia nel Paese di cui parla la lingua.
- Produrre un testo semplice relativo ad argomenti che siano familiari o di interesse personale.
- Esprimere esperienze e avvenimenti, sogni, speranze e ambizioni, e anche di spiegare brevemente le ragioni delle sue opinioni e dei suoi progetti.

Con il raggiungimento del livello B2 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere le idee principali di testi complessi su argomenti sia concreti sia astratti, come pure le discussioni tecniche sul proprio campo di specializzazione.
- Interagire con una certa scioltezza e spontaneità che rendono possibile un'interazione naturale con i parlanti nativi senza sforzo per l'interlocutore.
- Produrre un testo chiaro e dettagliato su un'ampia gamma di argomenti e riesce a spiegare un punto di vista su un argomento fornendo i pro e i contro delle varie opzioni.

Con il raggiungimento del livello C1 del QCER lo studente è in grado di:

- Comprendere un'ampia gamma di testi complessi e lunghi e ne sa riconoscere il significato implicito.
- Esprimersi con scioltezza e naturalezza.
- Usare la lingua in modo flessibile ed efficace per scopi sociali, professionali e accademici.
- Produrre testi chiari, ben costruiti, dettagliati su argomenti complessi, mostrando un controllo sicuro della struttura testuale, dei connettori e degli elementi di coesione.

## Programma

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B1**

**Grammatica:** Present continuous e Present Simple – Avverbi di frequenza ed espressioni di tempo -Past Simple Past Continuous – verbi attivi e statici, Present perfect, Le forme del futuro – I comparativi, espressioni di quantità, verbi modali, (Should/shouldn't – must/mustn't), First and second conditional – Used to – Forma passiva – Phrasal verbs comuni– Relative clauses con pronomi relativi, Discorso indiretto

**Vocabolario:** Frasi comuni - Il mondo del lavoro – i viaggi e le vacanze - Le relazioni tra persone-La formazione dei sostantivi - L'ambiente – I progetti, Speranze e ambizioni -Aggettivi per il carattere – I prefissi degli aggettivi -Descrivere la propria casa- I sentimenti – Frasarario per fare shopping

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello B2**

**Grammatica:** Ripasso dei verbi regolari ed irregolari - Present Simple e Continuous - Past Simple - Past Progressive - Past Perfect Simple - Present Perfect simple - 1,2,3 conditionals - Verbi modali per esprimere capacità, obblighi, consigli - Forma passiva- Comparativi e superlativi - Past Conditional - Diverse forme per esprimere il futuro - Gli ausiliari modali nel passato e per esprimere probabilità - Discorso diretto/ indiretto - Forme con I wish, If only

**Vocabolario:** Vita quotidiana - Istruzione Media e intrattenimento - L'ambiente Salute, medicina ed esercizio fisico - Hobby e svaghi Sentimenti - Simpatie e antipatie - Luoghi e palazzi - Relazioni interpersonali - Trasporti Servizi Interazione sociale - Il mondo della natura - Viaggi e vacanze -Espressione di ipotesi - Espressione dell'antiorità nel futuro e nel passato

Il programma del corso per coloro che dovranno acquisire il **livello C1**

**Grammatica:** Revisione di tutti i tempi verbali, (simple, perfect, continuous, i passivi) - Espressioni enfatiche - Phrasal verbs e combinazioni verbo/aggettivo + preposizione - Verbo + gerundio - Modali al passato - Probabilità future.

**Vocabolario:** Linguaggio per descrivere personalità e identità - Forme idiomatiche - Phrasal verbs utilizzate per parlare di concetti astratti, complessi come sicurezza sul lavoro, tecnologia, innovazione, salute, benessere, creatività, arte.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni organizzate in gruppi in relazione ai diversi livelli di conoscenza della lingua.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Durante il corso saranno svolti test e prove intermedie per la verifica del raggiungimento dell'obiettivo formativo individuale.

A conclusione del corso la verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso un test Scritto e Orale con esercizi e attività rivolte alla valutazione delle seguenti abilità linguistiche: Reading 25% - Writing 25% - Listening 25% and Speaking 25%.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione finale è espressa attraverso un giudizio di idoneità.

Al termine del corso si svolgerà la prova finale che valuterà l'apprendimento dei contenuti studiati. Il 60% rappresenta la soglia minima richiesta per il raggiungimento del livello del corso. Gli studenti che ottengono un punteggio superiore al 90% progrediranno di due livelli.

## **Requisiti**

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali. Il raggiungimento di ciascun obiettivo diventerà il livello iniziale su cui definire l'obiettivo successivo. Gli studenti con un livello iniziale inferiore al B1 avranno a disposizione un servizio di tutorato linguistico finalizzato al raggiungimento del livello B1; gli studenti con un livello iniziale superiore al livello C2.1 potranno essere esonerati previa domanda di esonero.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Moduli e unità del libro di testo verranno indicati dal docente durante la prima lezione del corso e saranno differenziati a seconda dell'obiettivo formativo individuato per ogni singolo studente

## MODELLI E METODI DI OTTIMIZZAZIONE E STATISTICA

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	SECS-S/06
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	1° anno, 1° semestre
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72 ore
<b>Docente</b>	M. Papi

### Obiettivi formativi specifici

L'obiettivo del corso è impartire allo studente conoscenze e competenze di base sia operative sia metodologiche riguardanti l'ottimizzazione e la statistica con particolare enfasi ai modelli ed algoritmi per le applicazioni ingegneristiche ed informatiche in ambito industriale e gestionale. Lo studente è inoltre introdotto all'analisi dei dati, al ragionamento probabilistico e all'inferenza statistica, mostrando come l'uso di opportuni metodi statistici permetta di risolvere una varietà di problemi concreti a partire dall'analisi dei dati. Lo studio teorico dei principali algoritmi per il calcolo della soluzione ottima è completato dalla sperimentazione numerica mediante linguaggi di modellazione.

I contenuti riguardanti l'ottimizzazione e la statistica sono finalizzati a fornire i concetti, sia di carattere modellistico sia algoritmico, utilizzati in numerosi contesti applicativi, relativamente ai problemi decisionali strutturati presenti nella fase di progettazione e/o gestione di un sistema.

### Risultati di apprendimento specifici

Al termine del corso lo studente è in grado di:

- Individuare i metodi da utilizzare per la determinazione della soluzione ottima di un problema di ricerca operativa, conoscendone applicabilità e limiti.
- Analizzare la soluzione ottima di un problema determinata dal metodo risolutivo, in particolare la sua unicità e la sua sensibilità rispetto ai parametri del modello, sulla base dei dati disponibili.
- Utilizzare l'ambiente di modellazione per la codifica dei modelli formulati e la loro risoluzione.
- Formulare un problema decisionale in un contesto reale mediante un modello di programmazione matematico-statistico, individuando le variabili decisionali ed esprimendo, in funzione di esse, l'obiettivo da conseguire ed i vincoli che devono essere rispettati affinché la soluzione sia effettivamente utilizzabile nel contesto reale.
- Applicare i fondamenti metodologici dell'analisi dei dati.
- Utilizzare le principali tecniche statistiche per l'analisi di dati.

### Programma

**Ricerca Operativa.** Formulazione di un modello di programmazione matematica: variabili decisionali, funzione obiettivo, vincoli. Tecniche di modellazione matematica. Problemi su grafi e reti di flusso.

Alberi e grafi, algoritmi di ricerca su grafo. Cammini minimi, massimo flusso, flusso di costo minimo,

assegnamento. Alcune strutture dati e algoritmi di soluzione. Programmazione lineare. Metodo grafico. Soluzioni di base e condizioni di ottimalità. Metodo del simplesso. Teoria della dualità, coppie di problemi duali, scarti complementari. Metodo del simplesso duale. Analisi di sensitività, analisi parametrica. Programmazione lineare mista intera e ottimizzazione combinatoria. Problemi di ottimizzazione discreta: formulazioni. Rilassamenti e algoritmo di Branch-and-Bound. Alcune applicazioni. Problemi di ottimizzazione convessa e concava. Ottimizzazione vincolata (su insiemi convessi e su un poliedro). Algoritmi per la risoluzione di problemi con vincoli convessi. Le condizioni di Karush-Kuhn-Tucker. Metodi euristici e di ricerca locale. Applicazioni reali in ambito industriale e in computer science.

**Statistica.** Regressione semplice e multipla: modello statistico ed assunzioni. Approcci analitici alla regressione. Analisi fattoriale. Analisi della varianza. Analisi per componenti principali (PCA) e linear discriminant analysis (LDA).

**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.

Elementi di teoria bayesiana della decisione. La funzione di verosimiglianza. Logiche inferenziali. Metodi basati sulle sole verosimiglianze. Il metodo bayesiano. Scelta della distribuzione iniziale. L'impostazione predittiva. Relazione tra inferenza statistica e teoria delle decisioni.

**Programmazione stocastica.** 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. Esempi.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

- Lezioni frontali (52 ore) in cui verranno presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi guida che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici.
- Esercitazioni (20 ore) con cadenza settimanale durante il periodo di erogazione del corso e in preparazione della prova d'esame.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'esame ha lo scopo di verificare se il candidato ha acquisito le conoscenze e le abilità specificate negli obiettivi formativi dell'insegnamento. L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta e di un elaborato di tipo progettuale. La prova scritta riguarda esercizi di tipo pratico inerenti ai contenuti del corso. Il progetto può riguardare un argomento scelto nell'ambito di una lista fornita dal docente o una tematica di elezione da parte dello studente e concordata con il docente. Lo studente deve dimostrare di sapere applicare le metodologie studiate durante il corso per la soluzione del problema scelto, mettendone in luce pro e contro e giustificando le proprie scelte implementative.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi, dato dall'esito combinato della prova scritta (60% del voto finale) e del punteggio assegnato al progetto svolto (40% del voto finale). L'esame si considera superato qualora lo studente consegua un punteggio maggiore o uguale a 18/30. Il voto finale è espresso in 30-esimi.

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base di analisi matematica, elementi di calcolo delle probabilità e statistica.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

F. S. Hillier, G. J. Lieberman, Ricerca Operativa: Fondamenti, Editore: McGraw-Hill.

Fletcher, R. Practical: Methods of Optimization, Wiley.

W.L. Winston, Operations Research, Applications and Algorithms, third edition.

Dimitri P. Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific.

# **MODELLISTICA E CONTROLLO DI RETI E SISTEMI A EVENTI**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** Ing-INF/04

**Anno di corso e semestre di erogazione** 1° Semestre, 1° anno

**Lingua di insegnamento** Italiano

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docente** Gabriele Oliva

## **Obiettivi formativi specifici**

Acquisire conoscenza e capacità di comprensione e di utilizzo di metodologie per la modellazione ed il controllo di fenomeni complessi basati su sistemi distribuiti ed a eventi discreti e sulla teoria dei grafi.

## **Risultati di apprendimento specifici:**

Conoscenza e capacità di comprensione. Il Corso mira a fornire strumenti metodologici per la modellazione ed il controllo di fenomeni complessi basati su sistemi distribuiti ed a eventi discreti.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione. Capacità pratica di modellare, analizzare e controllare sistemi complessi tramite i formalismi della Teoria dei Grafi e dei sistemi distribuiti ed a eventi discreti.

Autonomia di giudizio. Capacità di giudicare la strategia più adatta tra quelle presentate a lezione per risolvere problemi complessi quali la modellazione, l'analisi e il controllo di sistemi complessi sulla base della Teoria dei Grafi e dei sistemi distribuiti ed a eventi discreti.

Abilità nella comunicazione. Capacità di comunicare e relazionarsi con il docente ed i colleghi con riferimento a tematiche complesse quali la Teoria dei Grafi e i sistemi distribuiti ed a eventi discreti.

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.

## **Programma**

Il corso è composto da due moduli: il primo modulo mira ad introdurre la teoria dei grafi e le sue principali applicazioni; il secondo modulo ha l'obiettivo di introdurre le principali tecniche relative ai sistemi distribuiti ed a eventi discreti, con particolare enfasi sulle modalità di impiego di tali formalismi per rappresentare e controllare sistemi complessi.

### **Modulo 1: Introduzione alla Teoria dei Grafi (30%)**

Introduzione alla Teoria dei Grafi. Esempi di applicazione. Rappresentazione dei grafi: matrice di adiacenza e di incidenza. Visualizzazione. Cammini, cicli, componenti connesse, tagli, alberi e foreste. Spanning tree, raggio e diametro di un grafo. Minimum spanning tree. Cammino minimo. Problemi di massimo flusso e minimo taglio. Vertex coloring e edge coloring. Grafi planari. La matrice Laplaciana e le sue applicazioni al graph drawing, clustering e agreement distribuito.

Le reti complesse: distribuzione del grado, grafi random, small-world e scale-free.

Il modulo comprende sia lezioni teoriche che esercitazioni di natura pratica durante le quali i principali algoritmi saranno implementati in linguaggio Python e/o Matlab.

### **Modulo 2: Sistemi a Eventi Discreti (70%)**

Sistemi a eventi discreti, definizione ed esempi.

Controllo supervisore: controllo supervisore e controeazione, specifiche, controllo con parziale controllabilità/osservabilità, controllo decentralizzato.

Catene di Markov: catene tempo continuo e tempo-discreto; random walk; filtri di Metropolis-Hastings; controllo di Markov Chains.

Teoria delle code: specifiche e performance di un sistema di code; la legge di Little; sistemi di reti di code Markoviane; controllo di reti di code.

Il modulo comprende sia lezioni teoriche che esercitazioni di natura pratica durante le quali i principali algoritmi saranno implementati in linguaggio Python e/o Matlab.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (60%).

Esercitazioni ed implementazione di algoritmi in linguaggio Python e/o Matlab (40%).

## **Metodi e criteri di valutazione 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 la modellazione, l'analisi e il controllo di sistemi complessi sulla base della teoria dei grafi e/o dei sistemi ad eventi discreti. 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 o pratiche (es. esercizi).

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione finale viene formulata secondo la seguente regola:

il 70% del voto finale assegnato mediante la prova orale;

il 30% del voto finale assegnato mediante la presentazione del progetto.



## **Risultati di apprendimento specifici**

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

Il corso trasferirà allo studente le seguenti conoscenze e capacità di comprensione:

Conoscenza e comprensione delle tecniche di analisi delle specifiche dei requisiti, finalizzate allo sviluppo di componenti software che li soddisfino.

Conoscenza di uno o più linguaggi di programmazione che supportino lo sviluppo modulare e il riuso del software in ambiente distribuito.

Conoscenza delle metodologie per la verifica di qualità del software e per la sua documentazione.

Conoscenza e comprensione dei processi di produzione collaborativa, distribuzione e manutenzione del software e degli strumenti che li supportano.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione.**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

Redigere la documentazione di un sistema software, analizzarne le specifiche dei requisiti e pianificarne lo sviluppo.

Impiegare un linguaggio di programmazione per sviluppare componenti software modulari e riusabili.

Integrarsi in un processo di produzione collaborativa, distribuzione e manutenzione di un sistema software.

Effettuare la verifica di qualità di componenti software e predisporre la documentazione necessaria per il loro riuso.

Gestire il ciclo di sviluppo di componenti software.

### **Autonomia di giudizio**

Le conoscenze e capacità di comprensione acquisite, dovranno consentire allo studente di valutare e selezionare, sulla base delle specifiche dei requisiti, gli strumenti e i componenti software più appropriati per lo sviluppo modulare e il riuso del software in ambiente distribuito.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà sviluppare l'abilità di comunicare, in maniera puntuale e competente, le scelte operate nello sviluppo di applicazioni software con particolare riferimento alla predisposizione della documentazione finalizzata al riuso e alla manutenzione.

### **Capacità di apprendere**

Lo studente dovrà essere in grado di acquisire nuovi linguaggi e strumenti per lo sviluppo di componenti software modulari e riusabili nonché di identificare e utilizzare componenti software già disponibili.

## **Programma**

### **Elementi base del linguaggio Python (4 ore)**

Tipi built-in

Variabili

Oggetti e metodi

Le strutture dati in Python: lists, tuples, sets, dictionaries

Strutture di controllo

Funzioni e passaggio dei parametri

La ricorsione

Package

### **La rappresentazione dei dati (6 ore)**

Il concetto di informazione e richiami di rappresentazione dei dati

Strutture dati: modelli e implementazione

Richiami al modello relazionale

Il modello associativo e quello a oggetti

Rappresentazione serializzata dei dati: JSON, YAML e XML

### **La programmazione a oggetti (10 ore)**

Il concetto di classe, sottoclasse e interfaccia

Modularità e disaccoppiamento

Information hiding

Ereditarietà e Polimorfismo

Design Patterns

Programmazione a oggetti in Python

### **Complementi di programmazione Python (2 ore)**

Programmazione funzionale in Python

Espressioni lambda

Le funzioni map e filter

List comprehension

### **Package rilevanti (6 ore)**

numpy

scipy

pandas

### **Programmazione parallela (4 ore)**

La programmazione multi-thread

Sincronizzazione e condivisione delle informazioni

Programmazione parallela in Python

### **Sviluppo e organizzazione del software (10 ore)**

Il modello Waterfall

Strumenti di modellazione dei sistemi software: UML (Class diagrams, Use case diagram, Sequence diagram)

Sviluppo Agile: XProgramming, Scrum, TDD

Metodologie DevOps: integrazione e distribuzione continua del software (CI/CD)

Strumenti di sviluppo e ambienti integrati

Costruzione e distribuzione di pacchetti software (make, cmake, autoconf ...)

Strumenti per il controllo della versione del codice (git, GitHub, GitLab, BitBucket)

Ambienti di lavoro per lo sviluppo collaborativo del software (Confluence, Jira, Trello)

Test, debug e profilazione del codice (Sonarqube)

Tecniche di sviluppo software cloud-native

Architetture software stateless

Software containers.

### **Programmazione basata su eventi (4 ore)**

Realizzazione di GUI

### **Sicurezza del software (6 ore)**

Linee guida sulla scrittura di software sicuro (OWASP, GDPR e linee guida AGID).

Autenticazione ed autorizzazione (SAML, OpenId Connect, JWT).

Single-Sign-On.

### **Sviluppo di un progetto (20 ore)**

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso consiste in lezioni teoriche frontali (45%), lezioni invertite (10%), esercitazioni in laboratorio (15%) e lo sviluppo completo di uno o più progetti in piccoli gruppi (30% più lavoro individuale) finalizzato ad applicare le conoscenze e competenze acquisite.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

L'esame ha lo scopo di verificare se l'acquisizione delle conoscenze e le abilità specificate negli obiettivi formativi dell'insegnamento. L'esame del corso consiste nella discussione del progetto sviluppato dallo studente in collaborazione con altri e degli argomenti di teoria oggetto del programma del corso. Nella discussione del progetto lo studente deve dimostrare di conoscere e aver saputo applicare in modo adeguato le metodologie e le tecniche presentate nel corso.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La valutazione è in trentesimi con l'eventuale attribuzione della lode. Il voto finale si compone per metà della valutazione della qualità tecnica dell'elaborato sviluppato (documentazione esterna e interna e codifica del software) e dell'attività collaborativa svolta, unita alla padronanza con cui verrà condotta la discussione relativa al suo sviluppo, e per l'altra metà dalla dimostrazione della conoscenza degli argomenti del corso unita alla chiarezza con cui questi verranno esposti.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Non vi sono propedeuticità. Sono prerequisiti le conoscenze e competenze richieste per l'ammissione al corso di Studio.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Luciano Ramalho, **Fluent Python**, O'Reilly

Ferdinando Santacroce, **Git Essentials**, Packt (<https://www.packtpub.com/product/git-essentials/9781785287909>)

Documentazione in rete dei package Python

## **Altri testi di consultazione**

T.H. Cormen, C.E. Leieron, R.L. Rivest, C. Stein, **Introduction to Algorithms**, III edition, The MIT Press

## PROJECT MANAGEMENT AND DIGITAL MINDSET LAB

<b>Settore scientifico-disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/35 M-FIL/02
<b>Anno di corso e semestre di erogazione</b>	2021/2022 1° Ciclo Semestrale
<b>Lingua di insegnamento</b>	Italiano (materiale didattico e dispense in Italiano e Inglese)
<b>Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)</b>	9 CFU
<b>Numero di ore di attività didattica</b>	72
<b>Docenti</b>	P. Afferni M. Bertolaso

### Obiettivi formativi specifici

Il corso intende fornire:

- Le nozioni fondamentali, sia teoriche che pratiche, sui processi di gestione progetti di sviluppo software
- La conoscenza delle aree di competenza della gestione progetti, nonché la conoscenza pratica delle tecniche e degli strumenti relativi
- La catena del valore, gli standard di qualità dei processi, l'analisi e la rappresentazione dei processi, i progetti nelle organizzazioni
- La consapevolezza sui processi di innovazione e lo sviluppo di soft skills per affrontare la transizione digitale in una prospettiva co-operativa e collaborativa.
- I principi del Design Thinking

### Risultati di apprendimento specifici

- Conoscenza e capacità di comprensione dei processi di gestione progetti secondo gli standard industriali e le metodologie più avanzate per la progettazione di sistemi informatici che impieghino le tecnologie digitali come fattori abilitanti
- Conoscenza e capacità di comprensione del concetto di innovazione e della metodologia del design thinking
- Capacità di lavorare in gruppo su progetti per la realizzazione di sistemi complessi innovativi mettendo in pratica le metodologie di gestione delle attività di tipo classico e di tipo Agile
- Capacità di lavorare in gruppo utilizzando le abilità trasversali sviluppate attraverso attività di laboratorio su casi di studio

### Programma

In particolare, si tratteranno:

- Definizione di progetto e di gestione progetti.
- Quadro metodologico e organizzativo della gestione per progetti
- Organizzazione per progetti: portfolio management, program management, organizational project management.

Fasi e ciclo di vita di un progetto, gruppi di processi e aree di conoscenza nel project management

Stakeholders di progetto e influenze organizzative e socio-economiche.

Cenni sul ciclo di sviluppo di un sistema software e sull'ingegneria dei requisiti

Gestione dello "Scope" di progetto e Work Breakdown Structure.

Gestione temporale dei progetti e tecniche di schedulazione delle attività

Gestione economica ed organizzativa dei progetti, baseline ed avanzamento lavori

Gestione delle risorse, la creazione e sviluppo del team di lavoro, soft-skills, il capo progetto e il concetto di leadership

Gestione della qualità e dei rischi di progetto

Gestione della comunicazione

Agile framework, Lean Thinking e il processo di innovazione tramite cicli di miglioramento

Il questionario Belbin

La metodologia del design Thinking

La metodologia del Lego Serious Play

Il Pitch

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso si basa su lezioni frontali (52 ore), casi studio (10 ore) ed esercitazioni (10 ore).

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La valutazione dell'apprendimento si basa su:

Partecipazione attiva durante le lezioni, volta a valutare l'attenzione e l'interesse verso la materia per il raggiungimento della giusta comprensione dei temi trattati (midset);

Esercitazioni assegnate individualmente da svolgere in modo autonomo anche fuori dall'orario delle lezioni e successivamente da discutere a lezione, volte ad accertare la capacità di lavoro individuale applicando i concetti, i metodi e gli strumenti appresi;

Partecipazione ad una simulazione di progetto da svolgere in gruppo durante l'orario delle lezioni, volta ad accertare la capacità di collaborazione, mettendo in pratica le nozioni e le indicazioni apprese;

Partecipazione al laboratorio di Design Thinking da svolgere in gruppi durante l'orario delle lezioni con presentazione in aula dei risultati;

Una prova orale finale volta ad accertare la conoscenza della teoria e degli strumenti appresi.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto sarà determinato nel seguente modo:

- un massimo di 30/32 punti per la prova orale finale e

- un massimo di punti 2/32 per la partecipazione alle lezioni e alle esercitazioni individuali e di gruppo svolte durante il corso.

Il voto finale sarà ricalcolato per essere espresso in trentesimi oltre la lode.

## **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Nessuna propedeuticità.

Si ritiene utile la conoscenza di economia e organizzazione aziendale.

## **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Dispense e Slide delle lezioni

### **Manuali di riferimento consigliati:**

Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Sixth ed PMI

Agile Practice Guide (2017) PMI

Dick Hull Jackson - Requirements Engineering (4th ed 2017)

Michael Lewrick, Patrick Link and Larry Leifer (2018) Manuale di design thinking. Progettare la trasformazione digitale di team, prodotti, servizi ed ecosistemi, Edizioni LSWR

Jasanoff, S. (2016). The ethics of invention: technology and the human future. WW Norton & Company.

Bertolaso, M., Il fattore umano nelle Transizioni Digitali, in Krienke, M. (Ed.) Intelligenza Artificiale e Dottrina sociale della Chiesa, La società 1\2021

Bertolaso, M., & Rocchi, M. (2020). Specifically human: Human work and care in the age of machines. Business Ethics: A European Review.

## **SMART SENSING AND MEASUREMENTS**

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)**      ING-IND/12

**Anno di corso e semestre di erogazione**      2° Anno, 1° Semestre

**Lingua di insegnamento**      Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)**      9

**Numero di ore di attività didattica**      72

**Docente**      Emiliano Schena

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso si propone di fornire conoscenze in merito ai concetti di base riguardanti le misure, le principali tipologie di sensori e le problematiche nell'interfacciare un sensore a un processore, le tecniche computazionali per la stima dell'incertezza di tali accoppiamenti e per l'analisi e l'interpretazione dei risultati. Il corso mira a fornire allo studente:

- solide conoscenze teoriche sui concetti di base riguardanti le misure, l'incertezza e i sensori e solide conoscenze teoriche e di programmazione su come interfacciare un sensore a un processore
- Abilità che possono essere descritte da: basi pratiche per l'analisi dell'incertezza e delle caratteristiche metrologiche dei sensori, strumenti software per l'analisi dell'incertezza e la stima delle caratteristiche metrologiche di un sistema di misura

## Risultati di apprendimento specifici

- Capacità di progettare catene di misura e/o sensori ed elaborare modelli teorici da utilizzare al cospetto di casi applicativi relativi a sistemi intelligenti utilizzati in ambito industriale, medico, ambientale o civile.
- Capacità di progettare stadi di analisi del segnale e di dimensionare lo stadio di alimentazione di sensori e sistemi di trasmissione dati.
- Capacità di utilizzare software per l'analisi delle caratteristiche metrologiche di sistemi di misura e di progettare stadi di elaborazione del segnale e interfacciamento.

## Autonomia di giudizio

Inoltre, lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti del programma del corso e attraverso la progettazione di sensori intelligenti. Lo studente dovrà essere in grado di 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 apprendimento

L'insegnamento persegue un approccio basato sul coinvolgimento attivo dello studente stimolandolo con la rivisitazione e l'approfondimento di competenze acquisite in corsi precedenti e applicando concetti relativi all'applicazione di sensori e sistemi intelligenti medicina e in ambito industriale. Gli studenti saranno, inoltre, stimolati, ad arricchire le conoscenze relative all'analisi di aspetti relativi alla progettazione e sviluppo di sistemi di misura e sensori usati in vari scenari.

## Abilità comunicative e soft skills

L'insegnamento si propone di sviluppare abilità relative alla sfera della abilità comunicative e delle soft skills per lavorare in un ambiente multidisciplinare richiesto in questo specifico ambito di interesse. Tale obiettivo sarà perseguito coinvolgendo gli studenti nel corso della didattica frontale e attraverso la descrizione teorica e pratica di applicazioni di sensori e sistemi intelligenti in ambito medico e industriale. Lo studente sarà in grado di descrivere il principio di funzionamento e le caratteristiche metrologiche dei sensori più diffusi e applicati in sistemi intelligenti, in modo chiaro e appropriato.

## Programma

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

**Fondamenti della misurazione e degli strumenti di misura.** La misura di grandezze fisiche. Catena di misura. Sistemi di unità di misura. Misurando e grandezze d'influenza. Incertezza di misura. Modelli basati sul metodo Montecarlo per la stima dell'incertezza di misura. Caratteristiche metrologiche statiche e dinamiche.

**Stadio di interfaccia dei sensori e condizionamento del segnale.** Stadio di condizionamento del segnale. Dimensionamento e realizzazione di circuiti analogici per il condizionamento del segnale, per l'amplificazione e per il filtraggio. Adattamento di impedenza ed effetti di carico. Campionamento e conversione analogico-digitale. Dettagli sull'interfaccia sensore-processore.

**Sistemi di comunicazione wireless per sensori e alimentazione di sensori.** Frequenza della comunicazione wireless. Sviluppo di reti di sensori basate su diversi standard di comunicazione. Sorgenti di alimentazione e dimensionamento (selezione e tipologia di batterie). Energy harvesting e applicazioni nell'alimentazione di sensori.

**Misure di grandezze meccaniche, termiche, ottiche e chimiche.** Principali grandezze meccaniche e termiche e sensori più diffusi per la misura di tali grandezze. Principali grandezze ottiche e sensori più diffusi per la misura di tali grandezze. Principali grandezze chimiche e sensori più diffusi per la misura di tali grandezze.

**Principali tecniche di analisi per valutare la significatività del dato.** Normalizzazione, filtri digitali, feature extraction. Stima dell'incertezza di tipo A e B. Metodo Montecarlo per la stima dell'incertezza e propagazione dell'incertezza: descrizione teorica e implementazione in ambiente Matlab. Cenni su scale di valutazione di grandezze non misurabili.

**Esempi notevoli dell'applicazione di smart sensor.** Sistemi di sensori intelligenti per la stima della temperatura corporea: studio teorico e progettazione di una catena di misura. Applicazione di rete di sensori per il controllo del benessere termo-igrometrico.

### **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso e svolti esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (32 ore). Inoltre, esercitazioni pratiche svolte in laboratorio per insegnare l'utilizzo di strumenti necessari all'allestimento di un sistema di misura e all'analisi di dati sperimentali e valutazione della significatività di un dato (16 ore). Trasmissione di dati da sensori.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Le conoscenze acquisite dallo studente vengono verificate mediante una prova orale e una pratica in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici del corso. La prova orale consisterà in due argomenti teorici dimostrare di aver acquisito chiara conoscenza e comprensione degli argomenti del corso. E' prevista una durata di circa 30 minuti. L'argomento pratico consta dell'analisi dati finalizzati all'ottimizzazione della progettazione di strumenti di misura e sensori intelligenti e/ delle caratteristiche metrologiche di sensori. Tale prova durerà circa 30 minuti

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Le conoscenze acquisite dallo studente vengono verificate mediante una prova orale e una pratica in cui viene chiesto di illustrare argomenti specifici del corso. Verranno richiesti allo studente due argomenti teorici, che peseranno 20/30, e un argomento pratico volto all'allestimento di un sistema di misura o all'analisi di dati sperimentali al calcolatore (10/30).

### **Propedeuticità / Prerequisiti:**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

T. G. Beckwith, R. D. Marangoni, J. H. Lienhard. Mechanical Measurements Addison-Wesley Pub Company, Reading MA, USA.

S. C. Mukhopadhyay. Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements. Springer, Palmerston North, New Zealand.

## SMART SYSTEMS

**Settore scientifico-disciplinare (SSD):** NG-INF/04

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° semestre

**Lingua di insegnamento** Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9 CFU

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docenti** Roberto Setola (6 CFU)  
Luca Faramondi (3 CFU)

### Obiettivi formativi specifici:

Il corso mira a fornire le principali conoscenze e competenze per ciò che riguarda l'analisi e la progettazione di "sistemi intelligenti" ovvero sistemi Cyber-Physical in grado di interagire con l'ambiente con l'obiettivo fornire all'utenza una serie di servizi e prestazioni innovative ottimizzare nel contempo l'utilizzo di risorse.

### Risultati di apprendimento specifici

#### Conoscenza e capacità di comprensione:

- conoscenza dei principali modelli dedicati alla gestione di sistemi automatizzati in rete.
- conoscenza dei principali componenti di un sistema cyber-fisico, comprendendo gli algoritmi di controllo per i sistemi SCADA e PLC

#### Conoscenze e capacità di comprensione applicate:

- Capacità di sviluppare semplici sistemi di automazione per sistemi Cyber-Physical

#### Autonomia di giudizio

- conoscenza degli aspetti e dei problemi relativi alla scelta tra diverse tecnologie sviluppando capacità di analisi critica rispetto alle soluzioni di mercato

#### Abilità comunicative e soft skill:

- sviluppo delle capacità comunicative attraverso attività di lavoro di gruppo che mira a incoraggiare le capacità di collaborazione e a presentare in pubblico i risultati del proprio lavoro.

### Programma

#### Parte 1: Smart Networked infrastructures (20%)

Richiamo dei concetti preliminari sui sistemi di controllo, sui problemi di ottimizzazione e sulle reti di calcolatori.

Introduzione ai concetti di città intelligenti e di infrastruttura critica informatizzata.

Supervisione e controllo di sistemi distribuiti e su rete, sistemi SCADA.

#### Parte 2: Smart Grids and Cyber-Physical Systems (40%)

Modelli di Smart Grid. Modelli dinamici per sistemi distribuiti e sistemi cyber-fisici.

PLC e linguaggi di programmazione (LD, ST, SFC);

Protocollo di comunicazione industriale (Modbus);

Controllo predittivo del modello (MPC), tecniche di fault and criticality detection per sistemi a rete e cyber-fisici. Sistemi di intrusion detection e monitoraggio della rete.

### **Parte 3: Building Automation (40%)**

Introduzione alla domotica. Integrazione di servizi per l'automazione degli edifici.

Protocolli per l'automazione degli edifici: MQTT e BACnet. Sistema Konnex.

Applicazioni mobili per sistemi di automazione degli edifici.

## **Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento**

Il corso prevede

Lezioni frontali con presentazioni al computer (50%)

Lezioni pratiche (30%)

Seminari tenuti da esperti industriali (15%)

Nello specifico all'interno delle attività di cui alla parte 1 di affiancheranno alle lezioni teoriche e lezioni pratiche in cui il problema sarà implementato e risolto tramite algoritmi in MATLAB.

Per quel che riguarda la parte 2 le lezioni teoriche saranno completate da lezioni pratiche sulla definizione di algoritmi di controllo per un sistema di distribuzione dell'acqua analizzando sia gli aspetti cibernetici sia quelli fisici di un vero sistema industriale.

Infine per quel che riguarda la parte 3 lezioni teoriche saranno integrate con esercitazioni pratiche sullo sviluppo di applicazioni di domotica tramite sistemi mobili basate su una piattaforma Android.

## **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

Sviluppo di un project work di gruppo (3-4 studenti) che utilizza le competenze tecnologiche e metodologiche acquisite e una prova scritta sugli aspetti teorici.

Il progetto riguarda l'implementazione di un modello per il controllo di un sistema in rete; o la progettazione di un algoritmo di rilevamento di guasti / intrusioni per sistemi cyber-fisici o lo sviluppo di un'applicazione per sistemi di automazione degli edifici.

La prova scritta è composta da due esercizi volti a risolvere un caso pratico, dello stesso tipo di quelli trattati durante il corso e una domanda teorica aperta relativa alla descrizione degli argomenti trattati in classe. Per completare la prova scritta gli studenti hanno a disposizione 1,5 ore.

## **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

Il voto finale, espresso in trentesimi, è ottenuto come media ponderata della valutazione del project work (60% del voto finale) e della prova scritta (40% del voto finale).

L'esame verrà superato con successo solo se il voto finale risulta superiore o uguale a 18/30 in entrambi gli esami. L'attribuzione della lode è a discrezione della commissione.

In sessioni d'esame con un numero limitato di candidati, l'esame pratico sarà sostituito da un colloquio orale.

## **Propedeuticità / Prerequisiti**

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Abilità di programmazione di base. Algebra lineare (matrici, autovalori, autovettori). Concetti teorici basici di teoria del controllo (funzione di trasferimento, metodi dello spazio degli stati).

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato:**

"Electric Distribution Systems", Abdalhay A. Sallam, OM P. Malik, Wiley

"Planning and Scheduling in Manufacturing and Services", Michael L. Pinedo, Springer Series in Operations Research, Ed. 2005

"Operations Research and the Public Sector", Handbooks in Operations Research and Management Science, S.M. Pollock, M.H. Rothkopf, A. Barnett, Vol. 6, Ed. 1994

"Building Automation: Communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet", H. Merz, T. Hansemann, C. Hübner, Ed. 2018

Dispense a cura del docente e fornite dalla piattaforma di e-learning

Articoli scientifici

## **WEARABLE MECHATRONIC SYSTEMS FOR THE ANALYSIS OF HUMAN BEHAVIOUR**

**Moduli** Mechatronics for wearable systems  
Sensing solutions for wearable systems

**Settore scientifico-disciplinare (SSD)** Mechatronics for wearable systems 5CFU:  
ING-IND/34  
Sensing solutions for wearable systems 4CFU:  
ING-IND/12

**Anno di corso e semestre di erogazione** 2° anno, 1° Semestre

**Lingua di insegnamento** Inglese

**Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU)** 9

**Numero di ore di attività didattica** 72

**Docenti** Alessia Nocco  
Daniela Lo Presti

### **Obiettivi formativi specifici**

Il corso ha come obiettivo quello di fornire allo studente le conoscenze di base, i metodi di progettazione e le tecniche di analisi più diffuse di sistemi mecatronici indossabili per l'analisi del comportamento umano.

### **Risultati di apprendimento specifici**

- Conoscenza e capacità di comprensione: conoscenza delle principali tecnologie per lo sviluppo di sensori, per la gestione e processamento delle informazioni in sistemi embedded, delle interfacce uomo-macchina.
- Conoscenza e capacità di comprensione applicate: Gli studenti dovranno essere in grado di sviluppare, usare

e testare sistemi indossabili per l'analisi del comportamento umano in vari scenari applicativi. Agli studenti verrà richiesto di personalizzare e programmare l'elettronica analogica e digitale per sistemi embedded, di sviluppare e testare su microcontrollori algoritmi per la gestione e l'analisi dei dati, e di fabbricare elementi sensibili per dispositivi indossabili.

- Autonomia di giudizio: Gli studenti saranno invitati a proporre soluzioni innovative per affrontare argomenti rilevanti nel settore dei dispositivi indossabili per il monitoraggio umano (ad es. problemi legati all'ergonomia, alle interfacce uomo-macchina e alla salute e sicurezza sul lavoro), ed a valutare la solidità e l'affidabilità delle soluzioni proposte.
- Abilità comunicative: Gli studenti dovrebbero essere in grado di descrivere chiaramente, utilizzando un linguaggio appropriato dal punto di vista tecnico/scientifico, le caratteristiche dei principali elementi che costituiscono un dispositivo indossabile mecatronico (sensori, attuatori, microcontrollori, firmware); inoltre, dovrebbero sviluppare la capacità di presentare in maniera chiara ed esaustiva le scelte progettuali prese durante il progetto di laboratorio.
- Capacità di apprendere: Le competenze fornite durante le lezioni frontali e le esercitazioni di laboratorio dovrebbero permettere allo studente di utilizzare autonomamente nuovi dispositivi elettronici, sensori e microcontrollori oltre i modelli presentati nel corso delle lezioni; inoltre gli studenti dovrebbero essere in grado di progettare elementi che costituiscono un sistema indossabile a partire da ben definite specifiche di progetto.

## Programma

Elementi sensibili, elettronica per sistemi indossabili embedded e per sensori, gestione e analisi dei dati. (CFU 6: CFU 4 Lezioni frontali, CFU 2 Attività di Laboratorio)

- Condizionamento dei segnali analogici (amplificazione, circuiti specifici di trasduzione, adattamento di impedenza, filtri). (4 ore)
- Fondamenti e principi di funzionamento dei sensori utilizzati su sistemi indossabili più diffusi. (4 ore)
- Progettazione e selezione di sensori per applicazioni wearable. (4 ore)
- Introduzione ai microcontrollori e criteri di selezione; introduzione alle periferiche di microcontrollori. (8 ore)
- Introduzione all'ambiente di sviluppo per microcontrollori STmicroelectronics; Esempi di programmazione ed esercizi di laboratorio (6 ore).
- Principi basilari di progettazione di circuiti stampati. (4 ore).
- Esempi ed esercizi di laboratorio di progettazione di circuiti stampati. (4 ore)
- Valutazione e presentazione delle prestazioni di sensori per applicazioni indossabili. (4 ore)
- Acquisizione, pre-processamento e gestione (trasmissione, salvataggio...) di dati per sistemi indossabili. (4 ore)
- Principali soluzioni per analisi dati e filtraggio in tempo reale con microcontrollori. (4 ore)
- Fondamenti di analisi dati e interpretazione dati off-line. (4 ore)

Progetto di laboratorio. (3 CFU)

Progetto sviluppato dagli studenti divisi in gruppi poco numerosi (massimo 4 persone). Il progetto sarà portato Avanti presso il Laboratorio Didattico di Ingegneria dell'Università Campus Bio-Medico di Roma. (30 hours)

## Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento

Il corso sarà strutturato come segue:

- una serie di lezioni frontali focalizzate su aspetti teorici degli argomenti fondamentali del corso. Tali lezioni occuperanno circa 32 ore.
- Esercitazioni in classe o in laboratorio per consentire agli studenti l'apprendimento di competenze pratiche necessarie allo sviluppo e alla caratterizzazione di sistemi indossabili.

- Attività di laboratorio per affinare le capacità dello studente di applicare competenze teoriche. Tali sessioni occuperanno circa 20 ore di lezioni pratiche.
- Progetto di Gruppo finalizzato ad acquisire competenze di lavoro in piccoli team. I gruppi saranno costituiti da massimo 4 studenti. A ciascun gruppo sarà richiesto di progettare e sviluppare una soluzione ad un problema specifico definito all'inizio del corso. Le sessioni di laboratorio dedicate al progetto occuperanno circa 30 ore.

### **Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento**

La verifica dell'apprendimento e il raggiungimento degli obiettivi del corso saranno effettuati in due fasi: (i) la presentazione da parte di ogni gruppo di studenti del progetto sviluppato in laboratorio e la discussione dei risultati ottenuti, al fine di valutare l'acquisizione delle competenze pratiche e delle soft skills definite tra gli obiettivi di apprendimento; (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. L'esame si considererà superato se il voto conseguito in entrambe le prove sarà superiore a 18.

### **Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale**

La votazione finale sarà espressa in trentesimi e terrà conto di entrambe le prove. Ad ogni prova verrà assegnato un voto massimo di 33, e il voto finale sarà assegnato tramite una media pesata dei voti delle singole parti dell'esame (presentazione progetto di gruppo ed esame orale). Per il calcolo del voto finale, la presentazione del progetto peserà per 1/3, mentre l'esame orale peserà per i restanti 2/3.

La lode sarà assegnata per un punteggio finale superiore a 31.5 a condizione che tutti commissari siano d'accordo.

### **Propedeuticità / Prerequisiti**

Nessuna

### **Materiale didattico utilizzato e materiale didattico consigliato**

Appunti presi in classe e materiale fornito dai docenti agli studenti attraverso la piattaforma istituzionale di e-learning: <http://elearning.unicampus.it>.

## **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))

Link a Regolamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Intelligenti  
[https://www.unicampus.it/documents/D.R.\\_%20468\\_Regolamento%20Didattico%20LM%20ISI.pdf](https://www.unicampus.it/documents/D.R._%20468_Regolamento%20Didattico%20LM%20ISI.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.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

### **Prof. BORGHI Luca**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 0, Ufficio del Docente

☎ 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

### **Prof. CAPOCELLI Mauro**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano 1, Ufficio del Docente

☎ 06.22541.9215 e *mail:* m.capoceli@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Prof. CAPPA Francesco**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Ufficio del docente

☎ non indicato e *mail:* francesco.cappa@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

### **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. CINQUE Giuseppe**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* g.cinque@elis.org

*Giorno ed ora di ricevimento:* dopo la lezione

### **Ing. CONTE Francesco**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e *mail:* f.conte@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott.ssa CAÑELA PEREZ Maria Josè**

*Sede di ricevimento:* PRABB

*e mail:* mjcanelaperez@zoho.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. CORDELLA Francesca**

*Sede di ricevimento:* PRABB, Piano -1, Laboratorio di Robotica Avanzata e Tecnologie centrate sulla Persona

☎ 06.22541.9610 e *mail:* f.cordella@unicampus.it

**Ing. CORDELLI Ermanno**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* e.cordelli@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

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof.ssa 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

**Prof. 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. DI STEFANO Nicola**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non disponibile e *mail:* n.distefano@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

**Ing. FIAMINGO Fabio**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* f.fiamingo@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

**Prof. 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

**Dott. FRANCO Stefano**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e *mail:* s.franco@luiss.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. GERMANÀ Antonino**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* a.germana@seicoeng.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Prof. 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

### **Prof. 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

### **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. GUIDA Roberto**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e mail roberto.guida@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

### **Ing. IAQUANIELLO Gaetano**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e mail: G.laquaniello@kt-met.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

### **Dott. LAPI Mirko**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e mail: info@proteggimi.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. LO PRESTI Daniela**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* d.lopresti@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

**Ing. MASI Mario**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e *mail:* mariomasi72@gmail.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

**Ing. 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. MERONE Mario**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* m.merone@unicampus.it

*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. NOCCARO Alessia**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* a.noccaro@unicampus.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

### **Ing. PERA Fabio**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e *mail:* f.pera@inail.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

**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

**Dott. SCIALLA Stefano**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* stefano.scialla@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Ing. SCOTTO DI LUZIO Francesco**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e *mail:* f.scottodiluzio@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

**Ing. SICILIA Rosa**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* r.sicilia@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, Ufficio del Docente

☎ 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

### **Prof. 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 0 dell'Open Space docenti

☎ 06 22541. 9236 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

### **Dott. TOGNOLI Luca**

*Sede di ricevimento:* PRABB

e mail: Luca.tognoli@siemens-healthineers.com

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento

**Dott. TREVISANUTTO Paolo Emilio**

*Sede di ricevimento:* PRABB

*e mail* petrevi@gmail.com

*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

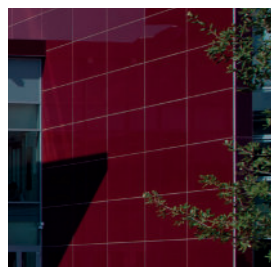
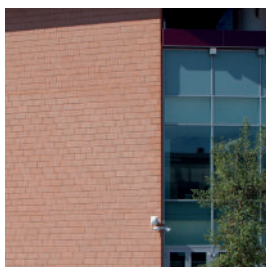
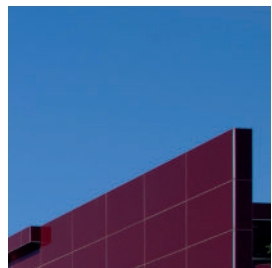
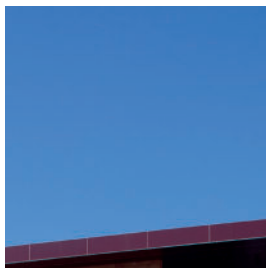
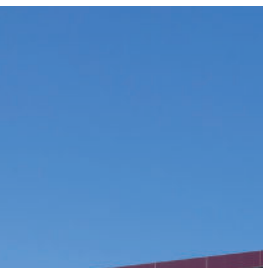
**Ing. ZOMPANTI Alessandro**

*Sede di ricevimento:* PRABB

☎ non indicato e *mail:* a.zompanti@unicampus.it

*Giorno ed ora di ricevimento:* su appuntamento





[www.unicampus.it](http://www.unicampus.it)