



REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA

CLASSE LM-22

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2025-2026

ACRONIMI

| | |
|---------|--|
| CCD | Commissione di Coordinamento Didattico |
| CdS | Corso/i di Studio |
| CPDS | Commissione Paritetica Docenti-Studenti |
| OFA | Obblighi Formativi Aggiuntivi |
| SUA-CdS | Scheda Unica Annuale del Corso di Studio |
| RDA | Regolamento Didattico di Ateneo |

INDICE

| | |
|---------|--|
| Art. 1 | Oggetto |
| Art. 2 | Obiettivi formativi del Corso |
| Art. 3 | Profilo professionale e sbocchi occupazionali |
| Art. 4 | Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio |
| Art. 5 | Modalità per l'accesso al Corso di Studio |
| Art. 6 | Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari |
| Art. 7 | Articolazione delle modalità di insegnamento |
| Art. 8 | Prove di verifica delle attività formative |
| Art. 9 | Struttura del corso e piano degli studi |
| Art. 10 | Obblighi di frequenza |
| Art. 11 | Propedeuticità e conoscenze pregresse |
| Art. 12 | Calendario didattico del CdS |
| Art. 13 | Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa classe |
| Art. 14 | Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in CdS di diversa classe, in CdS universitari e di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in CdS internazionali; criteri per il riconoscimento di crediti per attività extra-curricolari |
| Art. 15 | Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio |
| Art. 16 | Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale |
| Art. 17 | Linee guida per le attività di tirocinio e <i>stage</i> |
| Art. 18 | Decadenza dalla qualità di studente |
| Art. 19 | Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato |
| Art. 20 | Valutazione della qualità delle attività svolte |
| Art. 21 | Norme finali |
| Art. 22 | Pubblicità ed entrata in vigore |

Art. 1

Oggetto

1. Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Corso di Studio Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica (nome del corso in inglese: Chemical Engineering, classe LM-22, lingua in cui si tiene il corso: italiano, inglese, modalità di erogazione del corso: corso di studio convenzionale; IdSua: 1573410). Il Corso di Studio (CdS) Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica afferisce al Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale (DICMaPI).
2. Il CdS è retto dalla Commissione di Coordinamento Didattico (CCD), ai sensi dell'Art. 4 del RDA.
3. Il Regolamento è emanato in conformità alla normativa vigente in materia, allo Statuto dell'Università di Napoli Federico II e al Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 2

Obiettivi formativi del Corso

Il percorso didattico della Laurea Magistrale in Ingegneria chimica è destinato a formare una figura professionale di alto livello professionale preposta all'ideazione, ricerca, progettazione, pianificazione, sviluppo, gestione e controllo di sistemi, processi e servizi complessi nell'area dell'ingegneria chimica ed in quelle affini. Il percorso formativo punta a stabilire una ampia latitudine di approccio ai problemi e alle sfide dell'ingegneria chimica, ma allo stesso tempo anche un elevato livello di approfondimento e consapevolezza professionale. La preparazione, completata e integrata da esperienze di laboratorio e/o da tirocini industriali, impartisce al laureato la capacità di rispondere alle diverse esigenze specialistiche collegabili all'analisi avanzata e alla progettazione di processi industriali di trasformazione della materia e dell'energia. Inoltre, il laureato magistrale acquisisce le conoscenze, gli strumenti metodologici e la 'curiosità intellettuale' necessarie per il prosieguo delle attività di studio e/o di ricerca ad un livello più avanzato (master di secondo livello, dottorato di ricerca).

I laureati magistrali nel CdS devono in particolare:

- essere in grado di sviluppare modelli fisico/matematici al fine di prevedere ed analizzare caratteristiche e prestazioni di apparecchiature, impianti e processi di produzione di beni materiali e di energia;
- essere capaci di procedere alla progettazione di impianti e di processi e di progettare e condurre attività di ricerca e sviluppo nel settore;
- essere in grado di studiare ed applicare metodi avanzati per la regolazione ed il controllo dei processi;
- essere capaci di sviluppare ed applicare tecnologie anche innovative, connotate dalle richieste caratteristiche di sicurezza e di sostenibilità ambientale.

Il corso è organizzato in tre curricula (due dei quali erogati integralmente in lingua inglese) che, a partire da una base comune di insegnamenti che tipicamente consolidano e approfondiscono le conoscenze acquisite nel percorso formativo di primo livello, permettono di esplorare ed acquisire competenze più specifiche e professionalizzanti nelle differenti aree del mercato del lavoro attualmente a disposizione dei laureati magistrali in Ingegneria Chimica.

Il percorso formativo si propone in particolare di fornire agli studenti approfondimenti su tecniche di modellazione avanzate in buona parte del primo anno, mentre il secondo anno è più orientato ad aspetti applicativi e progettuali, spesso interdisciplinari e nell'ambito di attività di gruppo, attraverso i quali lo studente deve dimostrare la capacità di reperire e interpretare criticamente dati, di maturare giudizi autonomi, anche al fine di valutare l'impatto delle soluzioni ingegneristiche proposte in termini economici e di sostenibilità ambientale.

Il CdS offre inoltre agli studenti la possibilità di operare in contesti aziendali e professionali attraverso tirocini che completano l'offerta formativa. I tirocini possono essere svolti presso centri di ricerca e sviluppo o di produzione industriale italiani e internazionali, anche nell'ambito dei programmi di scambio internazionale.

Attraverso tali attività, il corso di studi offre quindi agli studenti anche la possibilità di sviluppare le competenze trasversali richieste e relative alla capacità di: - comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, con particolare riferimento al lessico proprio delle discipline scientifiche e ingegneristiche; - interagire con gruppi di lavoro interdisciplinari mediante la conoscenza dei diversi linguaggi tecnico-scientifici e dei metodi della comunicazione; - operare in contesti aziendali e professionali; - mantenersi aggiornati sugli sviluppi delle scienze e tecnologie; - prevedere e gestire le implicazioni delle proprie attività in termini di sostenibilità ambientale; - promuovere e gestire la digitalizzazione dei processi, sia nell'ambito industriale sia in quello dei servizi.

Allo scopo di promuovere una formazione ampia e trasversale il Corso di Studi promuove anche percorsi formativi a marcato carattere interdisciplinare, denominati "Percorsi Minor", che richiedono l'acquisizione di CFU di tipo extra-curricolare (circa 10), unitamente ad una scelta opportuna delle attività a scelta autonoma. Ai Percorsi Minor sono associate certificazioni digitali, note come "Open Badge".

Infine, poiché per conseguire la laurea Magistrale lo studente deve essere in grado di utilizzare fluentemente una lingua dell'Unione europea, oltre alla lingua italiana, il regolamento prevede nel piano di studi un numero adeguato di CFU (almeno 3) per acquisire 'Ulteriori conoscenze linguistiche' (in particolare nella lingua inglese).

Art. 3

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

Figura professionale: Ingegnere Chimico Magistrale

Funzione in un contesto di lavoro:

Le funzioni dei laureati magistrali in Ingegneria Chimica riguardano la Ricerca e Sviluppo (R&D), la progettazione, e la gestione di processi di trasformazione della materia e dell'energia in prodotti e forme utili per l'uomo, ed in particolare di impianti e processi industriali per:

- la produzione di prodotti chimici, farmaceutici, agro-alimentari, tessili, cosmetici, detergenti, e materie plastiche
- la produzione e la gestione dell'energia
- l'estrazione di minerali, di gas, e di petrolio
- il controllo delle emissioni inquinanti, lo smaltimento, il riciclo e il recupero di materia ed energia dai rifiuti

Tali funzioni vengono svolte con una piena consapevolezza delle problematiche di sicurezza, di sostenibilità economica ed ambientale, nonché di assicurazione della qualità dei processi di trasformazione.

Competenze associate alla funzione:

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica si propone di formare ingegneri per un contesto internazionale altamente competitivo e interdisciplinare, con una solida formazione essenziale per il proficuo inserimento nel mondo del lavoro. Il Corso di Laurea Magistrale ha quindi l'obiettivo di formare una figura professionale di ingegnere versatile, in grado di inserirsi in realtà di ricerca e di produzione altamente qualificate e in rapido sviluppo.

Durante il percorso formativo si acquisiranno le competenze e gli strumenti per l'analisi delle problematiche classiche dell'ingegneria chimica, integrando conoscenze già acquisite nella laurea di primo livello con ulteriori nozioni teoriche e pratiche nei settori caratterizzanti e affini, per risolvere

problemi complessi nei campi della termodinamica e dei fenomeni dei trasporto, degli impianti e dei reattori chimici, della chimica industriale e più generale nell'ambito dell'ingegneria di processo, con competenze tali da poter affrontare problematiche di sicurezza, di sostenibilità economica ed ambientale, nonché di assicurazione della qualità dei processi di trasformazione. Si matureranno solide conoscenze di tipo metodologico, scientifico e tecnico, nonché competenze di tipo tecnologico così da poter coniugare le conoscenze di base con specifiche competenze professionalizzanti. Si acquisiranno competenze trasversali di tipo comunicativo-relazionale, organizzativo-gestionale e di programmazione. Si fornirà l'opportunità di familiarizzarsi con concetti basilari utili alla comprensione dei vincoli normativi che delimitano l'attività ingegneristica, fornendo strumenti per una interazione più consapevole con il mondo delle professioni.

Sbocchi occupazionali:

Il conseguimento della laurea Magistrale in Ingegneria Chimica garantisce una formazione tecnica, scientifica e manageriale idonea sia alla specializzazione degli studi (Dottorati di Ricerca sia in Italia che all'estero; Master di II livello) sia a professioni di alto profilo tecnico e manageriale.

Gli ambiti di attività e gli sbocchi professionali tipicamente sono:

- Società del settore industriale (manifatturiera, chimica, tessile, farmaceutica, agroalimentare, metallurgica, meccanica, energia...)
- Società di Ingegneria che progettano, sviluppano e realizzano processi e impianti;
- Società di Consulting, Sicurezza e Controllo Qualità;
- Società operanti nell'ambito delle biotecnologie industriali, mediche e farmaceutiche
- Centri di ricerca e laboratori industriali;
- Strutture tecniche della Pubblica Amministrazione e studi di consulenza per l'ambiente e la sicurezza;

Con riferimento alla classificazione ISTAT-ATECO 2007 delle attività produttive, i potenziali settori di inserimento professionale includono una molteplicità di attività ricomprese nelle sezioni C (Attività manifatturiere), D (Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata), E (Fornitura di acqua; reti fognarie, attività di gestione dei rifiuti e risanamento) e P (Istruzione) nonché in diversi gruppi come ad esempio 71.12 (Attività degli studi d'ingegneria ed altri studi tecnici), 71.20 (Collaudi ed analisi tecniche), 72.19 (Altre attività di ricerca e sviluppo sperimentale nel campo delle scienze naturali e dell'ingegneria), 84.13.1, (Regolamentazione degli affari concernenti i combustibili e l'energia), 84.13.3 (Regolamentazione degli affari e dei servizi concernenti le industrie estrattive e le risorse minerarie - eccetto i combustibili - le industrie manifatturiere, le costruzioni e le opere pubbliche ad eccezione delle strade e opere per la navigazione).

Previo superamento dell'Esame di Stato, i laureati possono iscriversi alla Sezione B dell'Albo dell'Ordine degli Ingegneri, riservata agli ingegneri che hanno conseguito una laurea magistrale, specialistica o quinquennale a ciclo unico.

Art. 4

Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio¹

Per l'iscrizione ad un corso di Laurea Magistrale è necessario essere in possesso di una Laurea o un diploma universitario di durata triennale, o altro titolo acquisito all'estero e riconosciuto idoneo. È previsto, inoltre, il possesso di specifici requisiti curriculari e la verifica obbligatoria dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente. Quest'ultima include il possesso di adeguate competenze linguistiche, valutate con le modalità descritte nel successivo articolo.

Il requisito curriculare richiesto per l'iscrizione al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica consiste nell'aver conseguito almeno 54 CFU in settori scientifico-disciplinari specifici, articolati come segue:

¹ Artt. 7, 13, 14 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Almeno 15 CFU nei settori:

MATH-02/A (ex MAT/02) - Algebra
MATH-02/B (ex MAT/03) - Geometria
MATH-03/A (ex MAT/05) - Analisi Matematica
MATH-03/B (ex MAT/06) - Probabilità e Statistica Matematica
MATH-04/A (ex MAT/07) - Fisica Matematica
MATH-05/A (ex MAT/08) - Analisi Numerica
MATH-06/A (ex MAT/09) - Ricerca Operativa
STAT-01/A (ex SECS-S/01) - Statistica
STAT-01/B (ex SECS-S/02) - Statistica per la Ricerca Sperimentale e Tecnologica
IINF-05/A (ex ING-INF/05) - Sistemi di Elaborazione delle Informazioni
INFO-01/A (ex INF/01) - Informatica

Almeno 9 CFU nei settori:

PHYS-01/A (ex FIS/01/04) - Fisica Sperimentale delle Interazioni Fondamentali e Applicazioni
PHYS-03/A (ex FIS/01/03) - Fisica Sperimentale della Materia e Applicazioni
PHYS-04/A (ex FIS/02/03) - Fisica Teorica della Materia, Modelli, Metodi Matematici e Applicazioni

Almeno 12 CFU nei settori:

CHEM-03/A (ex CHIM/03) - Chimica Generale e Inorganica
CHEM-04/A (ex CHIM/04) - Chimica Industriale
CHEM-05/A (ex CHIM/06) - Chimica organica
CHEM-06/A (ex CHIM/07) - Fondamenti Chimici delle Tecnologie

Almeno 18 CFU nei settori:

ICHI-01/B (ex ING-IND/24) - Principi di Ingegneria Chimica
ICHI-02/A (ex ING-IND/25) - Impianti Chimici
ICHI-01/C (ex ING-IND/26) - Teoria dello Sviluppo dei Processi Chimici
ICHI-02/B (ex ING-IND/27) - Chimica Industriale e Tecnologica

L'accertamento dei requisiti curriculari è effettuato dalla CCD, eventualmente avvalendosi di un'apposita commissione istruttoria, mediante analisi della carriera pregressa dello studente. La CCD potrà individuare, motivandole, eventuali equivalenze di crediti di settori scientifico disciplinari differenti da quelli sopra previsti, sulla base dei contenuti di specifici insegnamenti presenti nella carriera pregressa dello studente.

Art. 5

Modalità per l'accesso al Corso di Studio

L'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale non è consentita in difetto dei requisiti minimi curriculari sopra riportati.

Se i requisiti minimi non sono soddisfatti, la CCD stabilisce le integrazioni curriculari che lo studente dovrà effettuare anteriormente alla iscrizione, ai sensi dell'art. 6 comma 1 del D.M. 16 marzo 2007, mediante iscrizione a singoli corsi di insegnamento attivati dall'Ateneo (con le modalità descritte, e.g., al seguente link: <http://www.unina.it/-/5601348-iscrizione-ai-corsi-singoli>) e superamento dei relativi esami di profitto, ai sensi dell'art. 16 comma 6 del RDA.

A valle della verifica del possesso dei requisiti curriculari, è altresì obbligatoria la verifica dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente, incluso il possesso di adeguate competenze linguistiche.

La verifica dell'adeguatezza della preparazione sarà effettuata secondo due modalità diverse, che dipendono dalla carriera pregressa degli studenti.

Per gli studenti che nella propria carriera pregressa hanno acquisito almeno 40 CFU nei seguenti settori

- ICHI-01/B (ex ING-IND/24) - Principi di Ingegneria Chimica
- ICHI-02/A (ex ING-IND/25) - Impianti Chimici
- ICHI-01/C (ex ING-IND/26) - Teoria dello Sviluppo dei Processi Chimici
- ICHI-02/B (ex ING-IND/27) - Chimica Industriale e Tecnologica

ovvero tipicamente per gli studenti in possesso di una Laurea (o un diploma universitario di durata triennale o altro titolo acquisito all'estero e riconosciuto idoneo) in Ingegneria Chimica o ambiti affini, la verifica dell'adeguatezza della personale preparazione dello studente consiste nel considerare la media M pesata (sulla base delle consistenze in CFU) delle votazioni (in trentesimi) conseguite negli esami di profitto necessari per il conseguimento del titolo che dà accesso al Corso di Laurea Magistrale. La personale preparazione di tali studenti si ritiene adeguata se risulta $M \geq 24$. Nel caso in cui risulti invece $M < 24$, tali studenti dovranno sostenere un test di ammissione o un colloquio finalizzato alla verifica della adeguatezza della loro personale preparazione con riferimento alle discipline proprie dei settori sopra citati. Informazioni relative alle modalità di svolgimento e superamento del suddetto colloquio o test saranno fornite agli studenti all'atto della prevalutazione della carriera pregressa.

Gli studenti che nella propria carriera pregressa hanno acquisito meno di 40 CFU nei settori sopra citati (ex ING-IND/24-27) saranno sottoposti alla verifica dell'adeguatezza della personale preparazione (attraverso colloquio o test appena menzionato) indipendentemente dal valore di M . La verifica di adeguatezza della personale preparazione degli studenti include anche la verifica del possesso di adeguate competenze linguistiche. Per l'ammissione al curriculum in lingua italiana, gli studenti in possesso di un titolo di studio ottenuto a seguito della frequenza di un corso di studio erogato in una lingua diversa dall'italiano, in assenza di certificazioni o idoneità linguistiche relative alla conoscenza della lingua italiana almeno a livello B1 del Quadro Comune Europeo di Riferimento (QCER), dovranno dimostrare, in un test di idoneità, di possedere adeguate capacità di comprensione e conversazione in italiano. Per l'ammissione ai curricula in lingua inglese, gli studenti in possesso di un titolo di studio ottenuto a seguito della frequenza di un corso di studio erogato in una lingua diversa dall'inglese, in assenza di certificazioni o idoneità linguistiche relative alla conoscenza della lingua inglese almeno a livello B1 del Quadro Comune Europeo di Riferimento (QCER), dovranno dimostrare, in un test di idoneità, di possedere adeguate capacità di comprensione e conversazione in inglese.

Inoltre, poiché per conseguire la laurea Magistrale lo studente deve essere in grado di utilizzare fluentemente una lingua dell'Unione europea, oltre alla lingua italiana, il regolamento prevede nel piano di studi un numero adeguato di CFU (almeno 3) per acquisire 'Ulteriori conoscenze linguistiche', in particolare nella lingua inglese. Il raggiungimento di tali conoscenze, almeno a livello B2 del QCER, sarà attestato con modalità definite dal Centro Linguistico di Ateneo (cla.unina.it). Studenti già in possesso di attestato di inglese almeno di livello B2 al momento dell'immatricolazione ne richiedono il riconoscimento ai fini delle Ulteriori Conoscenze Linguistiche (3 CFU) con procedure stabilite dal Centro Linguistico di Ateneo.

Art. 6

Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari

Ogni attività formativa prescritta dall'ordinamento del CdS viene misurata in crediti formativi universitari (CFU). Ogni CFU corrisponde convenzionalmente a 25 ore di impegno formativo

complessivo² per ciascuno studente e comprende le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento e le ore riservate allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale.

Per il Corso di Studio oggetto del presente Regolamento, le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento per ogni CFU, stabilite in relazione al tipo di attività formativa, sono le seguenti³:

- Lezione frontale: 8 ore per CFU;
- Seminario: 8 ore per CFU;
- Esercitazioni di didattica assistita: 8 ore per CFU;
- Attività di laboratorio: 8 ore per CFU;
- Tirocinio: 25 ore per CFU⁴.

I CFU corrispondenti a ciascuna attività formativa sono acquisiti dallo studente con il soddisfacimento delle modalità di verifica del profitto (esame, idoneità) indicate nella Scheda relativa all'insegnamento/attività allegata al presente Regolamento.

Art. 7

Articolazione delle modalità di insegnamento

L'attività didattica viene svolta in modalità di tipo A: Corso di studio convenzionale.

La CCD delibera eventualmente quali insegnamenti prevedono anche attività didattiche offerte on-line.

Alcuni insegnamenti possono svolgersi anche in forma seminariale e/o prevedere esercitazioni in aula, laboratori linguistici ed informatici.

Informazioni dettagliate sulle modalità di svolgimento di ciascun insegnamento sono presenti nelle schede degli insegnamenti.

Art. 8

Prove di verifica delle attività formative⁵

1. La Commissione di Coordinamento Didattico, nell'ambito dei limiti normativi previsti⁶, stabilisce il numero degli esami e le altre modalità di valutazione del profitto che determinano

² Secondo l'Art. 5, c. 1 del DM 270/2004 "Al credito formativo universitario corrispondono 25 ore di impegno complessivo per studente; con decreto ministeriale si possono motivatamente determinare variazioni in aumento o in diminuzione delle predette ore per singole classi, entro il limite del 20 per cento".

³ Il numero di ore tiene conto delle indicazioni presenti nell'Art. 6, c. 5 del RDA: "Per ogni CFU, delle 25 ore complessive, la quota da riservare alle attività per lo svolgimento dell'insegnamento deve essere: a) compresa tra le 5 e le 10 ore per le lezioni e le esercitazioni; b) compresa tra le 5 e le 10 ore per le attività seminariali; c) compresa tra le 8 e le 12 ore per le attività di laboratorio o attività di campo. Sono, in ogni caso, fatti salvi in cui siano previste attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico, diverse disposizioni di Legge o diverse determinazioni previste dai DD.MM."

⁴ Per l'attività di Tirocinio (DM interministeriale 142/1998), fatte salve ulteriori specifiche disposizioni, il numero di ore di lavoro pari a 1 CFU non possono essere inferiori a 25. [\[indicare di seguito nella nota le eventuali diverse disposizioni normative, ad es. "LM-13: 1 CFU = 30 ore, Nota MUR, Direttore Cuomo, Prot. 570/2011; LM-51, L-24: 1 CFU = 20 ore di attività formative professionalizzanti + 5 ore di attività supervisionata di approfondimento, D.M. 654/2022 \(Art. 2 Tirocinio pratico-valutativo \(TPV\)\)"\]](#)

⁵ Art. 22 del Regolamento Didattico di Ateneo.

⁶ Ai sensi dei DD.MM. 16.3.2007 in ciascun Corso di Studio gli esami o prove di profitto previsti non possono essere più di 20 (lauree; Art. 4 c. 2), 12 (lauree magistrali; Art. 4, c. 2), 30 (lauree a ciclo unico quinquennali) o 36 (lauree a ciclo unico sessennali; Art. 4 c. 3). Ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 13 c. 4, per i Corsi di Laurea, "restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere c), d) ed e) del D.M. n. 270/2004 ivi compresa la prova finale per il conseguimento del titolo di studio". Per i Corsi di Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico, invece, ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 14 c. 7, "restano escluse dal conteggio degli esami le prove che costituiscono un accertamento di profitto relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere d) ed e) del D.M. n. 270/2004; l'esame finale per il conseguimento della Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico rientra nel computo del numero massimo di esami".

l'acquisizione dei crediti formativi universitari. Gli esami sono individuali e possono consistere in prove scritte, orali, pratiche, grafiche, tesine, colloqui o combinazioni di tali modalità.

2. Le modalità di svolgimento delle verifiche pubblicate nelle schedine insegnamento e il calendario degli esami saranno resi noti agli studenti prima dell'inizio delle lezioni sul sito web del Dipartimento⁷.
3. Lo svolgimento degli esami è subordinato alla relativa prenotazione che avviene in via telematica. Qualora lo studente non abbia potuto procedere alla prenotazione per ragioni che il Presidente della Commissione considera giustificate, lo studente può essere egualmente ammesso allo svolgimento della prova d'esame, in coda agli altri studenti prenotati.
4. Prima della prova d'esame, il Presidente della Commissione accerta l'identità dello studente, che è tenuto ad esibire un documento di riconoscimento in corso di validità e munito di fotografia.
5. La valutazione a seguito di esame è espressa con votazione in trentesimi, l'esame è superato con la votazione minima di diciotto trentesimi, la votazione di trenta trentesimi può essere accompagnata dalla lode per voto unanime della Commissione. La valutazione a seguito di verifiche del profitto diverse dall'esame è espressa con un giudizio di idoneità.
6. Le prove orali di esame sono pubbliche, nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza. Qualora siano previste prove scritte, il candidato ha il diritto di prendere visione del/i proprio/i elaborato/i dopo la correzione.
7. Le Commissioni d'esame sono disciplinate dal Regolamento Didattico di Ateneo⁸.

Art. 9

Struttura del corso e piano degli studi

1. La durata legale del Corso di Studio è di 2 anni. È altresì possibile l'iscrizione sulla base di un contratto, nel rispetto di quanto previsto all'Art. 24 del Regolamento Didattico di Ateneo. Lo studente dovrà acquisire 120 CFU⁹, riconducibili alle seguenti Tipologie di Attività Formative (TAF):
 - B) caratterizzanti,
 - C) affini o integrative,
 - D) a scelta dello studente¹⁰,
 - E) per la prova finale,
 - F) ulteriori attività formative.
2. La laurea si consegue dopo avere acquisito 120 CFU con il superamento degli esami, in numero non superiore a 12, e lo svolgimento delle altre attività formative.

⁷ Si richiama l'Art. 22 c. 8 del RDA in base al quale "il Dipartimento o la Scuola cura che le date per le verifiche di profitto siano pubblicate sul portale con congruo anticipo che di norma non può essere inferiore a 60 giorni prima dell'inizio di ciascun periodo didattico e che sia previsto un adeguato periodo di tempo per l'iscrizione all'esame che deve essere di norma obbligatoria".

⁸ Si richiama l'Art. 22, c. 4 del RDA in base al quale "le Commissioni di esame e delle altre verifiche di profitto sono nominate dal Direttore del Dipartimento o dal Presidente della Scuola quando previsto dal Regolamento della stessa. È possibile delegare tale funzione al Coordinatore della CCD. Le Commissioni sono composte dal Presidente ed eventualmente da altri docenti o cultori della materia. Per gli insegnamenti attivi, il Presidente è il titolare dell'insegnamento ed in tal caso la Commissione delibera validamente anche in presenza del solo Presidente. Negli altri casi, il Presidente è un docente individuato all'atto della nomina della Commissione. Alla valutazione collegiale complessiva del profitto a conclusione di un insegnamento integrato partecipano i docenti titolari dei moduli coordinati e il Presidente è individuato all'atto della nomina della Commissione".

⁹ Il numero complessivo di CFU per l'acquisizione del relativo titolo deve essere così inteso: laurea a ciclo unico sessennale, 360 CFU; laurea a ciclo unico quinquennale, 300 CFU; laurea triennale, 180 CFU; laurea magistrale, 120 CFU.

¹⁰ Corrispondenti ad almeno 12 CFU per le lauree triennali e ad almeno 8 CFU per le lauree magistrali (Art. 4, c. 3 del D.M. 16.3.2007).

Fatta salva diversa disposizione dell'ordinamento giuridico degli studi universitari, ai fini del conteggio si considerano gli esami sostenuti nell'ambito delle attività di base, caratterizzanti e affini o integrative nonché nell'ambito delle attività autonomamente scelte dallo studente (TAF D). Gli esami o valutazioni di profitto relativi alle attività autonomamente scelte dallo studente possono essere considerate nel computo complessivo corrispondenti a una unità¹¹. Restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 comma 5 lettere d) ed e) del D.M. 270/2004¹². Gli insegnamenti integrati, composti da due o più moduli, prevedono un'unica prova di verifica.

3. Per acquisire i CFU relativi alle attività a scelta autonoma, lo studente ha libertà di scelta tra tutti gli insegnamenti attivati presso l'Ateneo, purché coerenti con il progetto formativo. Tale coerenza viene valutata dalla Commissione di Coordinamento Didattico del CdS. Anche per l'acquisizione dei CFU relativi alle attività a scelta autonoma è richiesto il "superamento dell'esame o di altra forma di verifica del profitto" (Art. 5, c. 4 del D.M. 270/2004).
4. Il piano di studi sintetizza la struttura del corso elencando gli insegnamenti previsti suddivisi per anno di corso ed eventualmente per curriculum. Alla fine della tabella del piano di studi sono elencate le propedeuticità previste dal Corso di Studio. Il piano degli studi offerto agli studenti, con l'indicazione dei settori scientifico-disciplinari e dell'ambito di afferenza, dei crediti, della tipologia di attività didattica è riportato nell'Allegato 1 al presente Regolamento.
5. Ai sensi dell'Art. 11, c. 4-bis del DM 270/2004, è possibile conseguire il titolo secondo un piano di studi individuale comprendente anche attività formative diverse da quelle previste dal Regolamento didattico, purché in coerenza con l'Ordinamento didattico del Corso di Studio dell'anno accademico di immatricolazione. Il Piano di Studi individuale è approvato dalla CCD.

Art. 10

Obblighi di frequenza¹³

1. In generale, la frequenza alle lezioni frontali è a) fortemente consigliata ma non obbligatoria/ b) obbligatoria
In caso di singoli insegnamenti con frequenza obbligatoria, tale opzione è indicata nella relativa Schedina insegnamento/attività disponibile nell'Allegato 2.
2. Qualora il docente preveda una modulazione del programma diversa tra studenti frequentanti e non frequentanti, questa è indicata nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito www.docenti.UniNA.it.
3. La frequenza alle attività seminariali che attribuiscono crediti formativi è obbligatoria. Le relative modalità di verifica del profitto per l'attribuzione di CFU sono compito della CCD.

¹¹ Art. 4, c. 2 dell'Allegato 1 al D.M. 386/2007.

¹² Art. 10, c. 5 del D.M. 270/2004: "Oltre alle attività formative qualificanti, come previsto ai commi 1, 2 e 3, i Corsi di Studio dovranno prevedere: a) attività formative autonomamente scelte dallo studente purché coerenti con il progetto formativo [TAF D]; b) attività formative in uno o più ambiti disciplinari affini o integrativi a quelli di base e caratterizzanti, anche con riguardo alle culture di contesto e alla formazione interdisciplinare [TAF C]; c) attività formative relative alla preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio e, con riferimento alla laurea, alla verifica della conoscenza di almeno una lingua straniera oltre l'italiano [TAF E]; d) attività formative, non previste dalle lettere precedenti, volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro [TAF F]; e) nell'ipotesi di cui all'articolo 3, comma 5, attività formative relative agli stages e ai tirocini formativi presso imprese, amministrazioni pubbliche, enti pubblici o privati ivi compresi quelli del terzo settore, ordini e collegi professionali, sulla base di apposite convenzioni".

¹³ Art. 22, c. 10 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 11

Propedeuticità e conoscenze pregresse

1. L'elenco delle propedeuticità in ingresso (necessarie per sostenere un determinato esame) e in uscita è riportato alla fine dell'Allegato 1 e nella Scheda insegnamento/attività (Allegato 2).
2. Le eventuali conoscenze pregresse ritenute necessarie sono indicate nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docenti UniNA.

Art. 12

Calendario didattico del CdS

Il calendario didattico del CdS viene reso disponibile sul sito web del Dipartimento con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività (Art. 21, c. 5 del RDA).

Art. 13

Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa Classe¹⁴

Per gli studenti provenienti da Corsi di Studio della stessa Classe la Commissione di Coordinamento Didattico assicura il riconoscimento dei CFU, ove associati ad attività culturalmente compatibili con il percorso formativo, acquisiti dallo studente presso il Corso di Studio di provenienza, secondo i criteri di cui al successivo articolo 14. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Resta fermo che la quota di crediti formativi universitari relativi al medesimo settore scientifico-disciplinare direttamente riconosciuti allo studente, non può essere inferiore al 50% di quelli già conseguiti.

Art. 14

Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali¹⁵; criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curricolari

1. Il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in Corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali, avviene ad opera della CCD, sulla base dei seguenti criteri:
 - analisi del programma svolto;
 - valutazione della congruità dei settori scientifico disciplinari e dei contenuti delle attività formative in cui lo studente ha maturato i crediti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio e delle singole attività formative da riconoscere, perseguendo comunque la finalità di mobilità degli studenti.

Il riconoscimento è effettuato fino a concorrenza dei crediti formativi universitari previsti dall'ordinamento didattico del Corso di Studio. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Ai sensi dell'Art. 5, comma 5-bis, del D.M. 270/2004, è possibile altresì l'acquisizione di crediti formativi presso altri atenei italiani sulla base di convenzioni stipulate tra le istituzioni interessate, ai sensi della normativa vigente¹⁶.

2. L'eventuale riconoscimento di CFU relativi ad esami superati come corsi singoli potrà avvenire entro il limite di 36 CFU, ad istanza dell'interessato e in seguito all'approvazione della CCD. Il

¹⁴ Art. 19 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁵ Art. 19 e Art. 27 c. 6 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁶ Art. 6, c. 9 del Regolamento Didattico di Ateneo.

riconoscimento non potrà concorrere alla riduzione della durata legale del Corso di Studio, così come determinata dall'Art. 8, c. 2 del D.M. 270/2004, fatta eccezione per gli studenti che si iscrivono essendo già in possesso di un titolo di studio di pari livello¹⁷.

3. Relativamente ai criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curricolari, ai sensi dell'Art. 3, comma 2, del D.M. 931/2024, entro un limite massimo di 48 CFU (Corsi di Laurea e Corsi di Laurea Magistrale a ciclo unico) e 24 CFU (Corsi di Laurea Magistrale), possono essere riconosciute le seguenti attività (Art. 2 del D.M. 931/2024):

- conoscenze e abilità professionali, certificate ai sensi della normativa vigente, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario;
- attività formative svolte nei cicli di studio presso gli istituti di formazione della pubblica amministrazione, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione abbia concorso l'Università;
- conseguimento da parte dello studente di medaglia olimpica o paralimpica ovvero del titolo di campione mondiale assoluto, campione europeo assoluto o campione italiano assoluto nelle discipline riconosciute dal Comitato olimpico nazionale italiano o dal Comitato italiano paralimpico.

Art. 15

Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio

L'iscrizione a singoli corsi di insegnamento, previsti dal Regolamento di Ateneo¹⁸, è disciplinata dal "Regolamento di Ateneo per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio"¹⁹.

Art. 16

Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale

La Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica si consegue dopo aver superato una prova finale. È ammesso alla prova finale lo Studente che ha conseguito tutti i crediti formativi previsti dal Regolamento didattico per le attività diverse dalla prova finale. Inoltre, è necessario che lo studente abbia adempiuto ai relativi obblighi amministrativi.

La prova finale consiste nella discussione di una tesi (elaborata dallo studente in modo originale, sotto la guida di un relatore e coerente con gli obiettivi formativi del Corso) davanti alla Commissione di Laurea Magistrale. La tesi riguarda attività di carattere teorico, simulativo o sperimentale. Potranno concorrere alla preparazione della tesi attività svolte presso aziende ed enti italiani ed esteri, purché inserite in un percorso formativo guidato dal relatore universitario. L'elaborato scritto e la discussione possono essere in lingua inglese. L'elaborato di tesi deve evidenziare una congrua attività svolta dallo studente sia nell'approfondimento della materia e degli strumenti modellistico-sperimentali ad essa associati, sia nella individuazione delle ricadute applicative. La discussione dovrà dimostrare la padronanza degli argomenti trattati e le capacità di comunicazione dello studente.

L'elaborato deve necessariamente essere scritto e discusso in lingua inglese dagli studenti che scelgono uno dei due curricula in inglese. In tal caso deve essere comunque allegato un estratto in lingua italiana.

Il docente che assume il ruolo di Relatore (eventualmente coadiuvato da co-relatori), assolve alle seguenti funzioni:

¹⁷ Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁸ Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁹ D.R. n. 348/2021.

- attesta l'avvenuto proficuo svolgimento delle eventuali attività propedeutiche (tirocini intra moenia o extra moenia, ove previsti, di concerto con il tutor universitario, laddove sia diverso dal Relatore);
- valuta lo stato di avanzamento complessivo delle attività finalizzate alla predisposizione dell'elaborato, verificando che sussistano le condizioni perché l'allievo possa presentarsi a sostenere con profitto l'esame di laurea magistrale;
- guida l'allievo nella predisposizione dell'elaborato di laurea magistrale;
- assiste l'allievo nella preparazione dell'esame di laurea magistrale.

Durante la presentazione il candidato potrà avvalersi di un supporto audio-visivo. Al termine della presentazione, ciascun docente può rivolgere osservazioni e domande al candidato, inerenti all'argomento del lavoro di tesi. La presentazione ha una durata compresa di norma in 15 minuti.

La Commissione di Laurea perverrà alla formulazione del voto di laurea magistrale tenendo conto: a) della qualità dell'elaborato presentato alla discussione e della sua esposizione; b) della media dei voti ottenuti negli insegnamenti inclusi nel curriculum dello studente, pesati per il numero di CFU attribuiti a ciascun insegnamento; c) delle eventuali attività integrative svolte dallo studente, quali tirocini, periodi di studio in Università e centri di ricerca italiani e stranieri.

I 15 crediti previsti per la prova finale sono suddivisi in:

- 14 crediti: attività per la preparazione dell'elaborato di laurea magistrale
- 1 credito: esame di laurea magistrale

Le attività relative alla preparazione dell'elaborato di laurea magistrale possono essere svolte all'estero, ad esempio nel quadro degli scambi ERASMUS, ed essere esposte ai fini delle attività di internazionalizzazione.

Art. 17

Linee guida per le attività di tirocinio e stage

1. Gli studenti iscritti al CdS possono decidere di effettuare attività di tirocinio o *stage* formativi presso Enti o Aziende convenzionati con l'Ateneo. Le attività di tirocinio e *stage* non sono obbligatorie, e concorrono all'attribuzione di crediti formativi per le Altre attività formative a scelta dello studente inserite nel piano di studi, così come previsto dall'Art. 10, comma 5, lettere d ed e, del D.M. 270/2004²⁰.
2. Le modalità di svolgimento e le caratteristiche di tirocini e *stage* sono disciplinate dalla CCD con un apposito regolamento.
3. L'Università degli Studi di Napoli Federico II, per il tramite dell'Ufficio Tirocini di Ateneo e del COINOR (www.coinor.unina.it), assicura un costante contatto con il mondo del lavoro, per offrire a studenti e laureati dell'Ateneo concrete opportunità di tirocini e *stage* e favorirne l'inserimento professionale.

Art. 18

Decadenza dalla qualità di studente²¹

Incorre nella decadenza lo studente che non abbia sostenuto esami per otto anni accademici consecutivi, a meno che il suo contratto non stabilisca condizioni diverse. In ogni caso, la decadenza va comunicata allo studente a mezzo posta elettronica certificata o altro mezzo idoneo che ne attesti la ricezione.

²⁰ I tirocini *ex lettera d* possono essere sia interni che esterni; tirocini e *stage ex lettera e* possono essere solo esterni.

²¹ Art. 24, c. 5 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 19

Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato

1. I docenti e ricercatori svolgono il carico didattico assegnato secondo quanto disposto dal Regolamento didattico di Ateneo e nel Regolamento sui compiti didattici e di servizio agli studenti dei professori e ricercatori e sulle modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento²².
2. Docenti e ricercatori devono garantire almeno due ore di ricevimento ogni 15 giorni (o per appuntamento in ogni caso concesso non oltre i 15 giorni) e comunque garantire la reperibilità via posta elettronica.
3. Il servizio di tutorato ha il compito di orientare e assistere gli studenti lungo tutto il corso degli studi e di rimuovere gli ostacoli che impediscono di trarre adeguato giovamento dalla frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità e alle attitudini dei singoli.
4. L'Università assicura servizi e attività di orientamento, di tutorato e assistenza per l'accoglienza e il sostegno degli studenti. Tali attività sono organizzate dalle Scuole e/o dai Dipartimenti con il coordinamento dell'Ateneo, secondo quanto stabilito dal RDA nell'articolo 8.

Art. 20

Valutazione della qualità delle attività svolte

1. La Commissione di Coordinamento Didattico attua tutte le forme di valutazione della qualità delle attività didattiche previste dalla normativa vigente secondo le indicazioni fornite dal Presidio della Qualità di Ateneo.
2. Al fine di garantire agli studenti del Corso di Studio la qualità della didattica nonché di individuare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, l'Università degli Studi di Napoli Federico II si avvale del sistema di Assicurazione Qualità (AQ)²³, sviluppato in conformità al documento "Autovalutazione, Valutazione e Accredimento del Sistema Universitario Italiano" dell'ANVUR, utilizzando:
 - indagini sul grado di inserimento dei laureati nel mondo del lavoro e sulle esigenze post-lauream;
 - dati estratti dalla somministrazione del questionario per la valutazione della soddisfazione degli studenti per ciascun insegnamento presente nel piano di studi, con domande relative alle modalità di svolgimento del corso, al materiale didattico, ai supporti didattici, all'organizzazione, alle strutture.I requisiti derivanti dall'analisi dei dati sulla soddisfazione degli studenti, discussi e analizzati dalla Commissione di Coordinamento Didattico e dalla Commissione Paritetica Docenti Studenti (CPDS), sono inseriti fra i dati di ingresso nel processo di progettazione del servizio e/o fra gli obiettivi della qualità.
3. L'organizzazione dell'AQ sviluppata dall'Ateneo realizza un processo di miglioramento continuo degli obiettivi e degli strumenti adeguati per raggiungerli, facendo in modo che in tutte le strutture siano attivati processi di pianificazione, monitoraggio e autovalutazione che consentano la pronta rilevazione dei problemi, il loro adeguato approfondimento e l'impostazione di possibili soluzioni.

²² D.R. n. 2482//2020.

²³ Il sistema di Assicurazione Qualità, basato su un approccio per processi e adeguatamente documentato, è progettato in maniera tale da identificare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, per poi tradurle in requisiti che l'offerta formativa deve rispettare.

Art. 21
Norme finali

1. Il Consiglio di Dipartimento, su proposta della Commissione di Coordinamento Didattico, sottopone all'esame del Senato Accademico eventuali proposte di modifica e/o integrazione del presente Regolamento.

Art. 22
Pubblicità ed entrata in vigore

1. Il presente Regolamento entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione all'Albo ufficiale dell'Università; è inoltre pubblicato sul sito d'Ateneo. Le stesse forme e modalità di pubblicità sono utilizzate per le successive modifiche e integrazioni.
2. Sono parte integrante del presente Regolamento l'Allegato 1 (Struttura CdS) e l'Allegato 2 (Schedina insegnamento/attività).

ALLEGATO 1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA

CLASSE LM-22

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2025-2026

PIANO DEGLI STUDI

LEGENDA

Tipologia di Attività Formativa (TAF):

B = Caratterizzanti

C = Affini o integrativi

D = Attività a scelta

E = Prova finale e conoscenze linguistiche

F = Ulteriori attività formative

Curriculum "Ingegneria di Processo"

| I Anno - I semestre | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|------|-------|---|------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Complementi di Termodinamica e Fenomeni di Trasporto | ING-IND/24 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Sicurezza nei Processi Chimici | ING-IND/27 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Dinamica non Lineare dei Processi chimici | ING-IND/26 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

I Anno - II semestre

| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
|--|------------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Sviluppo e Analisi del Rischio dei Processi Chimici | ING-IND/27 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Dinamica e Controllo dei Processi Chimici | ING-IND/26 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Reattori Chimici e Biochimici | ING-IND/25 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |
| Ulteriori Conoscenze Linguistiche** | | | 3 | | | | F | Altre attività | Obbligatorio |

II Anno - I semestre

| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
|--|------------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---|-------------------------|
| Operazioni dell'Industria di Processo | ING-IND/25 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Economia ed organizzazione aziendale | ING-IND/35 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | C | Attività formative affini o integrative | Obbligatorio |
| Catalisi Industriale | ING-IND/27 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

II Anno - II semestre

| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
|--------------------------------------|---------|--------|-----|-----|--|---------------------------------------|-----|---|-------------------------|
| Fondamenti di Ingegneria Strutturale | ICAR/09 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed | In presenza | C | Attività formative affini o integrative | Obbligatorio |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|------|-------|---------------|-------------|---|----------------|--------------|
| | | | | | esercitazioni | | | | |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |
| Tirocini formativi e di orientamento*** | | | 6 | 48 | | | F | Altre attività | Obbligatorio |
| Prova finale | | | 15 | | | | E | | Obbligatorio |

Curriculum "Product Engineering"

| I Anno - I semestre | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Advanced Thermodynamics and Transport Phenomena | ING-IND/24 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Safety in Chemical Processes | ING-IND/27 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Applied Physical Chemistry | ING-IND/23 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | C | Attività formative affini o integrative | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

| I Anno - II semestre | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Rheology | ING-IND/24 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Process Dynamics and Control | ING-IND/26 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Chemical and Biochemical Reactors | ING-IND/25 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|--|---|--|--|--|---|----------------|--------------|
| Ulteriori Conoscenze Linguistiche** | | | 3 | | | | F | Altre attività | Obbligatorio |
|-------------------------------------|--|--|---|--|--|--|---|----------------|--------------|

| II Anno - I semestre | | | | | | | | | |
|---|------------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Modeling and Numerical Simulation of Chemical Processes | ING-IND/26 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Soft Matter Engineering | ING-IND/26 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Unit Operations for Product Engineering | ING-IND/25 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

| II Anno - II semestre | | | | | | | | | |
|--|---------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Structure Engineering | ICAR/09 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | C | Attività formative affini o integrative | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |
| Tirocini formativi e di orientamento*** | | | 6 | 48 | | | F | Altre attività | Obbligatorio |
| Prova finale | | | 15 | 24 | | | E | | Obbligatorio |

Curriculum "Sustainable Engineering"

| I Anno - I semestre | | | | | | | | | |
|---|------------|--------|-----|-----|--|---------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Advanced Thermodynamics and Transport Phenomena | ING-IND/24 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |

| | | | | | | | | | |
|--|------------|-------|------|-------|-----------------------------------|-------------|---|---|--------------|
| Safety in Chemical Processes | ING-IND/27 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Fermentation Chemistry and Industrial Microbiology | CHIM/11 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | C | Attività formative affini o integrative | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

| I Anno - II semestre | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|------|-------|---|------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Fundamentals of Bioprocess Engineering | ING-IND/24 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Process Dynamics and Control | ING-IND/26 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Chemical and Biochemical Reactors | ING-IND/25 | unico | 8 | 64 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |
| Ulteriori Conoscenze Linguistiche** | | | 3 | | | | F | Altre attività | Obbligatorio |

| II Anno - I semestre | | | | | | | | | |
|--|------------|--------|-----|-----|---|------------------------------------|-----|---------------------|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Sustainable Process Design | ING-IND/25 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Environmental Chemical Engineering | ING-IND/25 | unico | 6 | 48 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |
| Industrial Chemistry from Renewable Feedstocks | ING-IND/27 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed | In presenza | B | Ingegneria chimica | Obbligatorio |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|------|-------|---------------|-------------|---|----------------|----------|
| | | | | | esercitazioni | | | | |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |

| II Anno - II semestre | | | | | | | | | |
|--|----------|--------|------|-------|--|---------------------------------------|-----|---|-------------------------|
| Denominazione Insegnamento | SSD | Modulo | CFU | Ore | Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.) | Modalità (in presenza, a distanza) | TAF | Ambito disciplinare | Obbligatorio / a scelta |
| Structure Engineering | ICAR /09 | unico | 9 | 72 | Lezione frontale ed esercitazioni | In presenza | C | Attività formative affini o integrative | Obbligatorio |
| Attività formative a scelta autonoma dello studente* | | | 0-18 | 0-144 | | In presenza | D | Altre attività | A scelta |
| Tirocini formativi e di orientamento*** | | | 6 | 48 | | | F | Altre attività | Obbligatorio |
| Prova finale | | | 15 | 24 | | | E | | Obbligatorio |

(*) Al fine di personalizzare il proprio percorso formativo, lo studente può scegliere sia al primo sia al secondo anno insegnamenti fino al completamento dei 18 CFU riservati a tali attività. Gli esami a scelta autonoma vanno indicati mediante presentazione del piano di studi secondo modalità indicate sul sito del CdS, www.ingchim.unina.it, a meno che lo studente non intenda scegliere insegnamenti suggeriti dal CdS. L'elenco di tali insegnamenti "di automatica approvazione" è riportato nella seguente tabella:

| Denominazione Insegnamento | Semestre | SSD | Propedeuticità | CdS da cui è eventualmente mutuato |
|--|----------|------------|---|---|
| Advanced numerical techniques for soft matter simulation | II | ING-IND/26 | Modeling and numerical simulation of chemical processes | |
| Applied statistical thermodynamics | II | ING-IND/23 | | |
| Biomateriali | I | ING-IND/34 | | Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali |
| Biotechnological processes | II | ING-IND/25 | | |
| Combustione e fluidodinamica di sistemi reagenti | I | ING-IND/25 | | |
| Environmental biotechnology | I | ING-IND/24 | | |
| Food formulation engineering | II | ING-IND/25 | | |
| Formulation Chemistry and Technology | I | CHIM/02,07 | | |
| Heterogeneous photocatalytic processes | II | ING-IND/27 | | |
| Industrial ecology and green engineering | II | ING-IND/25 | | |
| Ingegneria dei materiali nanofasici per l'energia e | I | ING-IND/22 | | Laurea Magistrale in Ingegneria dei |

| | | | | |
|--|----|------------------|--|---|
| la sensoristica | | | | Materiali |
| Ingegneria dei sistemi elettrochimici e celle a combustibile | II | ING-IND/27 | | |
| Ingegneria Sanitaria Ambientale | II | ICAR/03 | | |
| Interfacial engineering | I | ING-IND/24 | | |
| Machine Learning for Product and Process Engineering | II | ING-IND/25,26,27 | | |
| Meccanica dei fluidi complessi ^(*) | II | ING-IND/24 | | |
| Reattori e apparecchiature multifase | II | ING-IND/25 | | |
| Regenerative chemistry | I | CHIM/07 | | |
| Rischi di esplosione nei luoghi di lavoro: prevenzione e protezione | II | ING-IND/27 | | |
| Sicurezza di materiali solidi e liquidi ed attività laboratoriali | I | ING-IND/27 | | |
| Sicurezza strutturale antiincendio di edifici per processi industriali | II | ICAR/09 | | |
| Simulazione molecolare di materiali | I | CHIM/04 | | Laurea Magistrale in Ingegneria dei Materiali |
| Sustainable technologies for pollution control | I | ING-IND/25 | | |
| Thermo-chemical conversion of biomass and waste | II | ING-IND/26 | | |

(*) solo per studenti dei curricula "Ingegneria di Processo" e "Sustainable Engineering"

Tutti gli insegnamenti riportati nella precedente tabella hanno le seguenti caratteristiche: 6 CFU, 48 ore, lezioni frontale ed esercitazioni, in presenza. Inoltre, sono costituiti da un unico modulo ad eccezione di Formulation Chemistry and Technology e di Machine learning for Product and Process Engineering che sono costituiti, rispettivamente, da 2 moduli da 3 CFU e da 3 moduli da 2 CFU. Per ulteriori informazioni sui moduli di tali insegnamenti si rinvia alle schedine riportate in un allegato successivo.

Allo scopo di favorire lo sviluppo di competenze interdisciplinari e di attitudini a operare con visione sistemica in contesti multisetoriali, il CdS consentirà agli studenti di personalizzare ulteriormente il proprio percorso formativo attraverso l'adesione a brevi percorsi tematici detti Percorsi Minor (PM). Le attività formative previste dai PM corrispondono, di norma, ad un numero di CFU compreso fra 24 e 32, e 18 di questi CFU potranno essere riconosciuti come attività formative a scelta autonoma. Quindi, almeno 6 CFU saranno riservati ad attività extracurricolari aggiuntive rispetto ai CFU del piano statutario per il conseguimento del titolo di studio. I PM ai quali gli studenti potranno aderire sono (dato aggiornato a settembre 2024): Applied Machine Learning, Green Technology Developer e Ingegneria Farmaceutica. I regolamenti dei PM attivi sono riportati in un allegato successivo.

(**) L'accertamento delle Ulteriori Conoscenze Linguistiche è certificato dal Coordinatore della CCD, mediante compilazione di specifico modello AC, esibendo attestati di lingua Inglese di livello almeno pari al B2 acquisiti presso centro esterni "certificati" (www.miur.gov.it/enti-certificatori-lingue-straniere), o seguendo procedure definite dal centro linguistico di ateneo (www.cla.unina.it) e pubblicizzate all'inizio di ogni anno accademico sul sito del CdS (www.ingchim.unina.it). Ai 3 CFU corrispondenti non viene attribuito un voto ma solo un'idoneità.

(***) Tali crediti possono essere acquisiti partecipando ad attività proposte dal Corso di Studi (eventualmente organizzate da altri enti), o svolgendo attività di tirocinio presso enti di ricerca, aziende, o università estere nell'ambito di programmi come l'Erasmus. Il riconoscimento dei CFU è certificato dal Coordinatore della CCD, mediante compilazione di specifico modello AC, sulla base di attestati rilasciati dai responsabili/referenti delle attività svolte. Ai 6 CFU corrispondenti non viene attribuito un voto ma solo un'idoneità.



ALLEGATO 2

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA

CLASSE LM-22

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base (SPSB)

Dipartimento: Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale (DICMaPI)

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2025-2026

Curriculum "Ingegneria di Processo"

| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Complementi di termodinamica e fenomeni di trasporto | | Lingua di erogazione dell'insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/24 | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso si occupa di approfondire "gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica, dei fenomeni di trasporto...". Vengono sviluppate le competenze di "fenomeni di trasporto (scambio termico e di materia fra fasi, anche in presenza di reazioni chimiche... meccanica di fluidi newtoniani... termodinamica chimica e di processo... equilibri chimici tra fasi". | | | |
| Obiettivi formativi: L'obiettivo primario è quello di fornire agli studenti una competenza avanzata di termodinamica e di meccanica dei fluidi. Compresi problemi di equilibri di fase e di reazione in sistemi non ideali, i fenomeni che coinvolgono il trasporto della quantità di moto. Tale competenza include un approccio più teorico (derivazione delle equazioni di Navier-Stokes, anche nella loro forma mediata per la turbolenza) a un approccio più ingegneristico (uso dei bilanci di energia mono-dimensionali). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su una prova scritta che prevede la soluzione di problemi numerici e concettuali. La prova scritta può essere integrata, a richiesta dello studente, da una breve prova orale | | | |



| | | | |
|---|------------------------------------|--|--|
| Insegnamento: Sicurezza nei Processi chimici | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/27 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD ING-IND/27 coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali. | | | |
| Obiettivi formativi: Fornire allo studente le conoscenze relative agli aspetti di sicurezza connessi allo stoccaggio, al trasporto e alla trasformazione di sostanze pericolose (instabili, infiammabili e tossiche). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: solo prova orale | | | |



| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: DINAMICA NON LINEARE DEI PROCESSI CHIMICI | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: italiano | |
| SSD: ING-IND/26 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 1 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Si introduce l'approccio sistemistico allo studio dei processi e dei fenomeni chimici e fisici di interesse nell'ingegneria chimica. Tale approccio è finalizzato alla caratterizzazione della dinamica delle apparecchiature e dei processi industriali anche in relazione alla sicurezza, con l'introduzione di strumenti dell'analisi matematica non lineare. | | | |
| Obiettivi formativi: Obiettivo dell'insegnamento è di introdurre il tema dell'analisi di stabilità di apparecchiature e processi di interesse nell'ingegneria chimica ad un livello approfondito con strumenti tipici della analisi dinamica non lineare. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Non previsti | | | |
| Propedeuticità in uscita: Non previsti | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto con discussione di un elaborato progettuale. L'esame scritto consta di domande a risposta multipla e esercizi numerici | | | |



| | |
|---|---|
| Insegnamento: Sviluppo e Analisi del Rischio dei Processi Chimici | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: ING-IND/27 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali. | |
| Obiettivi formativi: L'obiettivo dell'insegnamento è quello di introdurre il tema dell'analisi del rischio dei processi chimici industriali, L'insegnamento, partendo dalle nozioni di base fornite nei corsi precedenti di sicurezza, trasporto di materia/energia, reazioni di combustione, si propone di fornire agli studenti le nozioni specialistiche di analisi delle conseguenze e analisi delle probabilità di eventi accidentali. A partire da tali nozioni, gli studenti saranno in grado di sviluppare la mappe spazio/temporali di rischio industriale. | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Le prove intercorso consistono in 1) elaborato sull'analisi delle conseguenze di uno scenario accidentale; 2) elaborato su analisi del rischio svolto in gruppo 3) breve colloquio orale individuale. L'esame consiste nella discussione di un elaborato progettuale svolto in gruppo e in un colloquio orale individuale | |



| | |
|--|---|
| Insegnamento: Dinamica e Controllo dei Processi Chimici | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: ING-IND/26 | CFU: 8 |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'approccio sistemistico allo studio dei processi e dei fenomeni chimici e fisici coinvolti. Tale approccio è finalizzato alla ottimizzazione, al controllo ed alla conduzione delle apparecchiature e dei processi industriali. Le tematiche qualificanti del settore riguardano lo sviluppo e l'applicazione di: modelli matematici per lo sviluppo di processi; metodologie per lo studio della dinamica, e per l'analisi e sintesi dei sistemi di controllo di processi anche in relazione alla sicurezza. | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornisce i principi della dinamica e del controllo di processi chimici basati su modelli matematici lineari o linearizzati. | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Il tipo di esame, che consiste nella risoluzione e commento di problemi, è scritto | |



| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: Reattori Chimici e Biochimici | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: Impianti Chimici (ING-IND/25) | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: 1 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore mira allo studio di metodologie per la costruzione e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche e biologiche della materia finalizzate alla produzione di beni, alla fornitura di servizi e alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. L'attenzione è rivolta alla progettazione funzionale e alla scelta di reattori chimici e biochimici e di apparecchiature ausiliarie con specifico riferimento alla considerazione della non idealità del flusso, dei fenomeni di miscelazione/segregazione, del decorso di reazioni eterogenee. | | | |
| Obiettivi formativi: Lo studente deve dimostrare: <ul style="list-style-type: none">• di conoscere e comprendere la selezione e la progettazione di reattori chimici e biochimici e la valutazione delle loro prestazioni in relazione alla conversione ottimale delle materie prime tenendo conto dell'effetto di flusso non idealità, miscelazione/segregazione, reazioni eterogenee.• di essere in grado di produrre relazioni scritte sugli argomenti del corso e di ampliare le proprie conoscenze attraverso la ricerca e l'accesso a documenti pertinenti agli argomenti del corso. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su prove scritte con elaborazioni numeriche. | | | |



| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: OPERAZIONI DELL'INDUSTRIA DI PROCESSO | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/25 | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore comprende lo studio delle metodologie per la realizzazione di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche della materia finalizzate alla produzione di beni, all'erogazione di servizi ed alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali. Per il settore sono qualificanti: la progettazione funzionale e la scelta delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione; la visione globale dell'impianto e la capacità di ricomposizione dei diversi aspetti in un progetto ed in uno schema funzionale; l'impatto ambientale degli impianti. I comparti di riferimento sono quelli relativi alle tecnologie chimiche, energetiche nonché della salvaguardia ambientale. | | | |
| Obiettivi formativi: Preparazione dell'allievo sugli aspetti di progettazione ed esercizio ottimali delle apparecchiature di processo. Preparare l'allievo alle metodologie di analisi di sistemi e ai principi dell'ottimizzazione economica di processo. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e a scelta del candidato, una prova pratica. | | | |



| | |
|---|--|
| Insegnamento: Economia ed organizzazione aziendale | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: ING-IND/35 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: C |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore raggruppa le competenze per l'integrazione degli aspetti progettuali, economici, organizzativi e gestionali in campo ingegneristico. In questo ambito, un filone è rivolto all'integrazione delle conoscenze economiche e gestionali orientate alla progettazione, evidenziando le implicazioni economiche dei progetti, le relazioni tra scelte progettuali e prestazioni aziendali, le relazioni tra progettazione ed implementazione delle innovazioni, le modalità di finanziamento dei progetti, la connessione con il contesto in cui l'impresa opera. | |
| Obiettivi formativi: Il corso di Economia ed Organizzazione Aziendale offre agli studenti la possibilità di approcciare allo studio dell'impresa, dei mercati e dell'organizzazione. A tal fine, gli obiettivi formativi previsti mirano a: - fornire le conoscenze di base sul concetto di organizzazione ed ecosistema aziendale - fornire le conoscenze di base utili a redigere ed analizzare i principali prospetti contabili del bilancio d'esercizio (conto economico, stato patrimoniale e nota integrativa) - acquisire le conoscenze di base per la formulazione dei principali indicatori di prestazione (KPI) - trasferire i concetti competitività e scelte strategiche - acquisire capacità di analizzare le risorse (umane, tecniche, economiche e finanziarie) coinvolte nel processo di sviluppo imprenditoriale - trasferire le conoscenze necessarie e gli elementi di base per la compilazione di business plan aziendali. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta e discussione di elaborato progettuale | |



| | |
|--|--|
| Insegnamento: CATALISI INDUSTRIALE | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: ING-IND/27 | CFU: 6 |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti del corso si collocano all'interno delle tematiche proprie della Chimica Industriale per l'Ingegneria Chimica. Nello specifico i contenuti del corso sono finalizzati allo studio delle reazioni catalitiche ed alle applicazioni industriali di catalizzatori nei processi di maggiore rilevanza per l'industria chimica. In particolare, i sistemi catalitici vengono descritti in relazione alle specifiche proprietà chimico-fisiche richieste dal tipo di reazioni ed alle caratteristiche dei processi cui sono destinati. | |
| Obiettivi formativi: I principali obiettivi del corso sono quelli di fornire allo studente le conoscenze che gli permettano di individuare gli aspetti di rilievo della gestione di processi catalitici quali la stabilità ed efficienza dei sistemi catalitici, la selettività ai prodotti di interesse, la definizione delle tipologie e condizioni operative dei reattori catalitici ed in generale di individuare criteri di scelta di opportuni sistemi catalitici e di definizione dell'insieme delle condizioni di processo. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame si articola in una Prova orale e discussione di elaborato progettuale da svolgere in un'unica sessione | |



| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: Fondamenti di Ingegneria Strutturale | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ICAR/09 | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: C | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari consistono nelle teorie e nelle tecniche rivolte sia alla concezione strutturale ed al dimensionamento di nuove costruzioni. Comprendono le problematiche delle azioni sulle costruzioni e dei comportamenti che ne conseguono in funzione delle tipologie e delle morfologie, dei materiali e delle tecnologie, sicurezza, metodi e strumenti per la progettazione strutturale. | | | |
| Obiettivi formativi: L'Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire le nozioni relative ai principi della statica e sicurezza per i continui strutturali e determinarne gli aspetti applicativi fondamentali. A partire da tali nozioni, gli studenti saranno in grado di sviluppare analisi e riflessione critica su casi reali di ricerca e di applicazione strutturale, in una prospettiva comparata e di interazione multidisciplinare. La parte finale del corso è dedicata alla verifica di semplici strutture metalliche di interesse dell'Ingegnere Chimico. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Non sono richieste propedeuticità | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è scritto e orale. All'esame si discuterà un esercizio completo (svolto prima della seduta) riguardante il progetto/verifica di vari elementi di un Serbatoio | | | |



Curriculum "Product Engineering"

| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Advanced Thermodynamics and Transport Phenomena | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/24 | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso si occupa di approfondire "gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica, dei fenomeni di trasporto...". Vengono sviluppate le competenze di "fenomeni di trasporto (scambio termico e di materia fra fasi, anche in presenza di reazioni chimiche... meccanica di fluidi newtoniani... termodinamica chimica e di processo... equilibri chimici tra fasi". | | | |
| Obiettivi formativi: L'obiettivo primario è quello di fornire agli studenti una competenza avanzata di termodinamica e di meccanica dei fluidi. Compresi problemi di equilibri di fase e di reazione in sistemi non ideali, i fenomeni che coinvolgono il trasporto della quantità di moto. Tale competenza include un approccio più teorico (derivazione delle equazioni di Navier-Stokes, anche nella loro forma mediata per la turbolenza) a un approccio più ingegneristico (uso dei bilanci di energia mono-dimensionali). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su una prova scritta che prevede la soluzione di problemi numerici e concettuali. La prova scritta può essere integrata, a richiesta dello studente, da una breve prova orale | | | |



| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Safety in Chemical Processes | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/27 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali. | | | |
| Obiettivi formativi: Fornire allo studente le conoscenze relative agli aspetti di sicurezza connessi allo stoccaggio, al trasporto e alla trasformazione di sostanze pericolose (instabili, infiammabili e tossiche). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: solo prova orale | | | |



| | |
|---|---|
| Insegnamento: Applied Physical Chemistry | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING-IND/23 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: C |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Studio del legame tra le proprietà strutturali e microstrutturali della materia e le proprietà macroscopiche di interesse per le applicazioni ingegneristiche, al fine di caratterizzare il comportamento di materiali in assegnate condizioni di processo. Studio delle proprietà di materiali solidi e di materiali polimerici. | |
| Obiettivi formativi: Fornire agli studenti nozioni avanzate con riferimento alla descrizione microscopica, alla modellazione e ad al design di materiali di interesse nell'ambito dell'ingegneria chimica, inclusi fluidi, solidi amorfi e sistemi di materia soffice. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Progetto di gruppo + Esame orale | |



| | |
|--|---|
| Insegnamento: Rheology | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING/IND-24 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore ha come oggetto il "Basic Process Design", ovvero lo sviluppo delle metodologie e delle tecnologie dell'industria di processo (chimica, petrolchimica, biotecnologica, alimentare, farmaceutica, di produzione e trasformazione di materiali), sulla base dei fenomeni fisici, chimici e biologici che caratterizzano le specifiche trasformazioni. Lo studio è affrontato in un'ottica di sistema, utilizzando gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica, dei fenomeni di trasporto, per analizzare i singoli stadi dei processi e delle apparecchiature e ricomporli in una visione unitaria. Competenze caratterizzanti includono i fenomeni di trasporto, in particolare la meccanica di fluidi newtoniani, non-newtoniani e la reologia. | |
| Obiettivi formativi: Obiettivo dell'insegnamento è quello di trasmettere i principi fondamentali alla base della reologia, scienza che studia le relazioni tra lo sforzo e la deformazione, di far comprendere le equazioni costitutive che regolano il comportamento in flusso di diversi fluidi non-Newtoniani, di insegnare modelli empirici per la caratterizzazione di risposte reologiche specifiche. Infine, di familiarizzare sulle relazioni tra microstruttura e risposta macroscopica del sistema viscoelastico analizzato. | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: solo orale | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Process Dynamics and Control | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/26 | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: 1 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'approccio sistemistico allo studio dei processi e dei fenomeni chimici e fisici coinvolti. Tale approccio è finalizzato alla ottimizzazione, al controllo ed alla conduzione delle apparecchiature e dei processi industriali. Le tematiche qualificanti del settore riguardano lo sviluppo e l'applicazione di: modelli matematici per lo sviluppo di processi; metodologie per lo studio della dinamica, e per l'analisi e sintesi dei sistemi di controllo di processi anche in relazione alla sicurezza. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornisce i principi della dinamica e del controllo di processi chimici basati su modelli matematici lineari o linearizzati. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Il tipo di esame, che consiste nella risoluzione e commento di problemi, è scritto | | | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Chemical and Biochemical Reactors | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: Impianti Chimici (ING-IND/25) | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: I | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore mira allo studio di metodologie per la costruzione e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche e biologiche della materia finalizzate alla produzione di beni, alla fornitura di servizi e alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. L'attenzione è rivolta alla progettazione funzionale e alla scelta di reattori chimici e biochimici e di apparecchiature ausiliarie con specifico riferimento alla considerazione della non idealità del flusso, dei fenomeni di miscelazione/segregazione, del decorso di reazioni eterogenee. | | | |
| Obiettivi formativi: Lo studente deve dimostrare: <ul style="list-style-type: none">• di conoscere e comprendere la selezione e la progettazione di reattori chimici e biochimici e la valutazione delle loro prestazioni in relazione alla conversione ottimale delle materie prime tenendo conto dell'effetto di flusso non idealità, miscelazione/segregazione, reazioni eterogenee.• di essere in grado di produrre relazioni scritte sugli argomenti del corso e di ampliare le proprie conoscenze attraverso la ricerca e l'accesso a documenti pertinenti agli argomenti del corso. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su prove scritte con elaborazioni numeriche. | | | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Modeling and Numerical Simulation of Chemical Processes | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/26 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodi matematici per l'analisi, la modellistica, l'identificazione e la simulazione, anche con metodi numerici, di sistemi dell'industria di processo. Caratterizzazione e sviluppo di processi per le industrie chimiche, biotecnologiche, alimentari, farmaceutiche e per la produzione e trasformazione dei materiali. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di: (i) sviluppare modelli matematici avanzati per problemi fluidodinamici. (ii) fornire i concetti fondamentali su come effettuare simulazioni numeriche per problemi fluidodinamici. (iii) insegnare ad usare software di fluidodinamica computazionale per risolvere problemi fluidodinamici complessi di interesse per l'ingegneria chimica. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuno | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto e discussione di un elaborato progettuale | | | |



| | |
|---|---|
| Insegnamento: SOFT MATTER ENGINEERING | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING-IND/26 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Si introduce la modellazione di processi e prodotti basati su liquidi complessi microstrutturati. Tale approccio è finalizzato alla conduzione delle apparecchiature e dei processi industriali. Il corso introduce metodi matematici deterministici e stocastici per la modellistica, e la simulazione con metodi numerici di sistemi dell'industria di processo. I contenuti sono focalizzati alla caratterizzazione ed allo sviluppo di processi con attenzione agli aspetti collegati alla produzione e trasformazione dei materiali. | |
| Obiettivi formativi: Integrazione della preparazione dello studente con riferimento alla conoscenza specialistica e approfondita della materia sofficie, delle tecnologie utilizzate per elaborarla, delle tecniche di modellazione matematica e risoluzione numerica dei modelli. | |
| Propedeuticità in ingresso: Non previsti | |
| Propedeuticità in uscita: Non previsti | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione di un elaborato progettuale. Attività durante il corso danno diritto a punti bonus. | |



| | | | |
|--|---|--|--|
| Insegnamento: UNIT OPERATIONS FOR Product Engineering | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING/IND-25 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore prevede lo studio delle metodologie per la progettazione, la realizzazione, la verifica e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche e biologiche della materia finalizzate alla produzione di beni, all'erogazione di servizi e alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. Sono qualificanti: <ul style="list-style-type: none">• la progettazione impiantistica comprendente la simulazione,• l'elaborazione di schemi quantificati di processo,• la selezione, la progettazione e la verifica di reattori e di apparecchiature per operazioni unitarie utilizzati per specifiche applicazioni: Comparti di riferimento sono le tecnologie chimiche, farmaceutiche, alimentari, energetiche, di estrazione, raffinazione, trasporto e stoccaggio delle materie prime e dei vettori energetici, le biotecnologie, le tecnologie a supporto della salvaguardia ambientale e della economia circolare. | | | |
| Obiettivi formativi: Lo studente deve dimostrare la conoscenza delle principali problematiche di trattamento delle materie prime utilizzate per la formulazione di prodotti di interesse dei settori alimentare, farmaceutico e cosmetico e delle possibili alterazioni fisiche, chimiche, microbiologiche ed organolettiche che possono verificarsi nell'utilizzo delle differenti unità di processo. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova scritta (con risoluzione numerica) + Orale | | | |



| | |
|---|---|
| Insegnamento: Structure Engineering | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ICAR/09 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: C |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari consistono nelle teorie e nelle tecniche rivolte sia alla concezione strutturale ed al dimensionamento di nuove costruzioni. Comprendono le problematiche delle azioni sulle costruzioni e dei comportamenti che ne conseguono in funzione delle tipologie e delle morfologie, dei materiali e delle tecnologie, sicurezza, metodi e strumenti per la progettazione strutturale. | |
| Obiettivi formativi: L'Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire le nozioni relative ai principi della statica e sicurezza per i continui strutturali e determinarne gli aspetti applicativi fondamentali. A partire da tali nozioni, gli studenti saranno in grado di sviluppare analisi e riflessione critica su casi reali di ricerca e di applicazione strutturale, in una prospettiva comparata e di interazione multidisciplinare. La parte finale del corso è dedicata alla verifica di semplici strutture metalliche di interesse dell'Ingegnere Chimico. | |
| Propedeuticità in ingresso: Non sono richieste propedeuticità | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è scritto e orale. All'esame si discuterà un esercizio completo (svolto prima della seduta) riguardante il progetto/verifica di vari elementi di un Serbatoio | |



Curriculum "Sustainable Engineering"

| | | | |
|--|---|--|--|
| Insegnamento: Advanced Thermodynamics and Transport Phenomena | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/24 | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso si occupa di approfondire "gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica, dei fenomeni di trasporto...". Vengono sviluppate le competenze di "fenomeni di trasporto (scambio termico e di materia fra fasi, anche in presenza di reazioni chimiche... meccanica di fluidi newtoniani... termodinamica chimica e di processo... equilibri chimici tra fasi". | | | |
| Obiettivi formativi: L'obiettivo primario è quello di fornire agli studenti una competenza avanzata di termodinamica e di meccanica dei fluidi. Compresi problemi di equilibri di fase e di reazione in sistemi non ideali, i fenomeni che coinvolgono il trasporto della quantità di moto. Tale competenza include un approccio più teorico (derivazione delle equazioni di Navier-Stokes, anche nella loro forma mediata per la turbolenza) a un approccio più ingegneristico (uso dei bilanci di energia mono-dimensionali). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su una prova scritta che prevede la soluzione di problemi numerici e concettuali. La prova scritta può essere integrata, a richiesta dello studente, da una breve prova orale | | | |



| | | | |
|---|------------------------------------|---|--|
| Insegnamento: Safety in Chemical Processes | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/27 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso : Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali. | | | |
| Obiettivi formativi: Fornire allo studente le conoscenze relative agli aspetti di sicurezza connessi allo stoccaggio, al trasporto e alla trasformazione di sostanze pericolose (instabili, infiammabili e tossiche). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: solo prova orale | | | |



| | |
|---|---|
| Insegnamento: Fermentation chemistry and industrial microbiology | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: CHIM 11 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: C |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare raccoglie i temi di ricerca che approfondiscono le conoscenze di base necessarie per la progettazione di processi industriali che utilizzano microrganismi, colture cellulari, enzimi immobilizzati. Include il miglioramento genetico dei ceppi microbici di interesse industriale, l'ingegneria metabolica, il controllo e la validazione dei processi fermentativi e dei prodotti ottenuti, con riferimento ai processi biotecnologici in uso nell'industria farmaceutica, chimica, alimentare e nel risanamento ambientale. | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per comprendere i diversi aspetti della produzione biotecnologica di sostanze di interesse industriale. In dettaglio, si propone di fornire gli elementi fondamentali della microbiologia industriale, della cinetica di crescita microbica nelle diverse modalità di fermentazione (batch, fed-batch e continua) e della chimica della fermentazione. Il corso si propone inoltre di approfondire il metabolismo microbico finalizzato allo sviluppo dei processi produttivi industriali e di introdurre i principali aspetti del controllo dei bioprocessi. | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova scritta e orale o pratica | |



| | |
|--|---|
| Insegnamento: Process Dynamics and Control | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING-IND/26 | CFU: 8 |
| Anno di corso: 1 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'approccio sistemistico allo studio dei processi e dei fenomeni chimici e fisici coinvolti. Tale approccio è finalizzato alla ottimizzazione, al controllo ed alla conduzione delle apparecchiature e dei processi industriali. Le tematiche qualificanti del settore riguardano lo sviluppo e l'applicazione di: modelli matematici per lo sviluppo di processi; metodologie per lo studio della dinamica, e per l'analisi e sintesi dei sistemi di controllo di processi anche in relazione alla sicurezza. | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornisce i principi della dinamica e del controllo di processi chimici basati su modelli matematici lineari o linearizzati. | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Il tipo di esame, che consiste nella risoluzione e commento di problemi, è scritto | |



| | | | |
|---|--|---|--|
| Insegnamento: Fundamentals of Bioprocess Engineering | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND 24 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 1 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso si propone di fornire allo studente gli strumenti idonei allo sviluppo delle metodologie e delle tecnologie dell'industria biotecnologica, sulla base dei fenomeni fisici, chimici e biologici che caratterizzano le specifiche trasformazioni. Gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica e dei fenomeni di trasporto vengono utilizzati per analizzare i singoli stadi dei processi biotecnologici e delle relative apparecchiature, in modo da poterli ricomporre in una visione unitaria, funzionale all'individuazione ed alla quantificazione di interventi operativi e progettuali. Le applicazioni sono finalizzate allo sviluppo di nuove tecnologie rispondenti ad esigenze economiche, energetiche e di compatibilità ambientale. Competenze caratterizzanti includono la cinetica e reattoristica biochimica, accompagnata da elementi di termodinamica (analisi energetica dei processi, sistemi multicomponenti, equilibri chimici). | | | |
| Obiettivi formativi: Gli studenti devono acquisire un'adeguata conoscenza delle tipologie dei bioprocessi e dei vincoli ingegneristici, per essere in grado di risolvere problemi scientifici di interesse applicativo, e di valutare e ottimizzare gli effettivi processi di produzione. Devono inoltre acquisire flessibilità e creatività tali da fornire una descrizione sintetica ed efficiente dei problemi affrontati, ed essere in grado di confrontarsi con diverse figure professionali (ingegneri di processo, chimici, biologi) coinvolte nello sviluppo di processi biotecnologici. Una volta completato il corso, gli studenti devono essere in grado di acquisire autonomamente approfondimenti sugli argomenti trattati nel corso, per migliorare le proprie conoscenze personali sia sui processi ingegneristici che sui vari aspetti delle biotecnologie | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova orale, nel corso della quale lo studente discute anche un esercizio di simulazione svolto con Excel. | | | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Chemical and Biochemical Reactors | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: Impianti Chimici (ING-IND/25) | | CFU: 8 | |
| Anno di corso: 1 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore mira allo studio di metodologie per la costruzione e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche e biologiche della materia finalizzate alla produzione di beni, alla fornitura di servizi e alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. L'attenzione è rivolta alla progettazione funzionale e alla scelta di reattori chimici e biochimici e di apparecchiature ausiliarie con specifico riferimento alla considerazione della non idealità del flusso, dei fenomeni di miscelazione/segregazione, del decorso di reazioni eterogenee. | | | |
| Obiettivi formativi: Lo studente deve dimostrare: <ul style="list-style-type: none">• di conoscere e comprendere la selezione e la progettazione di reattori chimici e biochimici e la valutazione delle loro prestazioni in relazione alla conversione ottimale delle materie prime tenendo conto dell'effetto di flusso non idealità, miscelazione/segregazione, reazioni eterogenee.• di essere in grado di produrre relazioni scritte sugli argomenti del corso e di ampliare le proprie conoscenze attraverso la ricerca e l'accesso a documenti pertinenti agli argomenti del corso. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su prove scritte con elaborazioni numeriche. | | | |



| | |
|---|---|
| Insegnamento: Sustainable Process Design | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING-IND/25 | CFU: 9 |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: B |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: “La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi”. “La progettazione funzionale e la scelta dei reattori e delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione; la visione globale dell'impianto e la capacità di ricomposizione dei diversi aspetti in un progetto ed in uno schema funzionale; la sicurezza e l'impatto ambientale degli impianti”. | |
| Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è di fornire agli studenti conoscenze e competenze avanzate riguardanti: i) la progettazione di apparecchiature di frazionamento e purificazione, sia come unità singole che come unità complesse e, ii) il design e l'ottimizzazione di processi chimici. Il corso fornisce modelli fisico-matematici, metodi numerici e linee guida tecniche per la progettazione di apparecchiature e processi, modelli per l'ottimizzazione economica, e linee guida e metodi matematici per aumentare la sostenibilità di processi, anche tramite l'applicazione a casi studio selezionati. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuno | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuno | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: La valutazione è basata sui risultati di elaborati progettuali di gruppo realizzati durante il corso, presentati sotto forma di report scritti, e di un elaborato progettuale di gruppo finale, anche esso presentato sotto forma di un report scritto e discusso durante un esame orale. Durante l'esame orale, gli studenti saranno interrogati per verificare le conoscenze acquisite in merito a specifici aspetti teorici trattati durante il corso. | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Environmental Chemical Engineering | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese | |
| SSD: ING-IND/25 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore comprende lo studio delle metodologie per la realizzazione di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche della materia finalizzate alla produzione di beni, all'erogazione di servizi ed alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso intende fornire una conoscenza dettagliata dei meccanismi di formazione di inquinanti da attività antropogeniche per comprendere correttamente i problemi ambientali e la relazione tra attività antropogeniche ed effetti sull'ambiente di vita e sulla salute dell'uomo. L'obiettivo finale è quello di fornire strumenti e metodologie per una corretta attuazione di politiche ambientali. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova Orale. Il risultato della valutazione sarà basato sul livello di apprendimento dell'allievo e sulla sua capacità di applicare le nozioni acquisite a problemi anche diversi da quelli presentati durante il corso. Non è obbligatoria la frequenza del corso. | | | |



| | | | |
|--|------------------------------------|---|--|
| Insegnamento: INDUSTRIAL CHEMISTRY FROM RENEWABLE FEEDSTOCKS | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/27 | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso : Metodi per la definizione e la realizzazione dei processi chimici nella loro globalità, dalle materie prime ai prodotti finiti ed agli scarti di produzione, con l'obiettivo di fornire, anche mediante bilanci di materia e di energia, strumenti e criteri per la valutazione quantitativa dei processi, dal punto di vista sia economico sia delle implicazioni ambientali, della sicurezza e del controllo di qualità. Studio dei processi a partire dalle valutazioni degli aspetti termodinamici, cinetici e di trasporto che ne sono alla base. Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori e del reattore | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti nozioni avanzate e strumenti metodologici necessari per fornire una visione integrata dei principali processi organici industriali in particolare tra fondamenti chimici e principi ingegneristici per lo sfruttamento di fonti rinnovabili e non. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame si articola in una prova orale o discussione di un elaborato progettuale | | | |



| | | | |
|---|--|---|--|
| Insegnamento: Structure Engineering | | Lingua di erogazione dell'insegnamento: Inglese | |
| SSD: ICAR/09 | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: C | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari consistono nelle teorie e nelle tecniche rivolte sia alla concezione strutturale ed al dimensionamento di nuove costruzioni. Comprendono le problematiche delle azioni sulle costruzioni e dei comportamenti che ne conseguono in funzione delle tipologie e delle morfologie, dei materiali e delle tecnologie, sicurezza, metodi e strumenti per la progettazione strutturale. | | | |
| Obiettivi formativi: L'Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire le nozioni relative ai principi della statica e sicurezza per i continui strutturali e determinarne gli aspetti applicativi fondamentali. A partire da tali nozioni, gli studenti saranno in grado di sviluppare analisi e riflessione critica su casi reali di ricerca e di applicazione strutturale, in una prospettiva comparata e di interazione multidisciplinare. La parte finale del corso è dedicata alla verifica di semplici strutture metalliche di interesse dell'Ingegnere Chimico. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Non sono richieste propedeuticità | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è scritto e orale. All'esame si discuterà un esercizio completo (svolto prima della seduta) riguardante il progetto/verifica di vari elementi di un Serbatoio | | | |



Insegnamenti a scelta autonoma di automatica approvazione

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Advanced Numerical Techniques for Soft Matter Simulation | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/26 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 1 o 2 | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodi matematici per l'analisi, la modellistica, l'identificazione e la simulazione, anche con metodi numerici, di sistemi dell'industria di processo. Caratterizzazione e sviluppo di processi per le industrie chimiche, biotecnologiche, alimentari, farmaceutiche e per la produzione e trasformazione dei materiali. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di presentare tecniche numeriche avanzate per la simulazione del comportamento meccanico e fluidodinamico di sistemi di interesse per la scienza e la tecnologia della materia soffice, ad esempio sospensioni, emulsioni, schiume e fluidi granulari. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Modeling and Numerical Simulation of Chemical Processes | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Discussione di elaborato progettuale | | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Insegnamento: Applied Statistical Thermodynamics | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/23 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I or II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Studio del legame tra le proprietà strutturali e microstrutturali della materia e le proprietà macroscopiche di interesse per le applicazioni ingegneristiche, al fine di caratterizzare il comportamento di materiali in assegnate condizioni di processo. Studio delle proprietà di materiali solidi e di materiali polimerici. | | | |
| Obiettivi formativi: Fornire agli studenti nozioni avanzate con riferimento alla descrizione microscopica e alle simulazioni di Dinamica Molecolare e Browniana (LAMMPS) di materiali e sistemi di materia soffice soffici di interesse nell'ambito dell'ingegneria chimica. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |

**Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:**

Progetto + Esame orale

| | | | |
|---|---|--|--|
| Insegnamento: Biomateriali | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/34 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso si basa sulle conoscenze di chimica e tecnologia utili per risolvere problemi di progettazione e produzione di biomateriali e/o bio-interfacce applicabili per lo sviluppo di dispositivi medici. Il corso si concentrerà sulle possibili applicazioni di biomateriali e bio-interfacce in ingegneria biomedica, scienza dei materiali e tecnologia farmaceutica. | | | |
| Obiettivi formativi: Obiettivi saranno: (i) descrivere le proprietà ingegneristiche di tessuti biologici secondo un approccio multi-scala; (ii) analizzare la risposta dell'organismo alla introduzione di un biomateriale da impianto; (iii) analizzare criticamente le proprietà di biomateriali naturali, polimerici, metallici e ceramici e i relativi processi di realizzazione; (iv) valutare materiali, le geometrie e i trattamenti più adatti nella progettazione di dispositivi biomedicali del punto di vista delle proprietà di trasporto, meccaniche e di interfaccia. Alla fine del corso, lo studente sarà in grado di comprendere le basi della scienza dei materiali e della chimica per le applicazioni di ingegneria biomedica. Lo studente sarà in grado di applicare le diverse competenze acquisite nella scelta, nella progettazione e nella produzione di materiali utili per creare bio-interfacce adeguatamente ingegnerizzate per la produzione di dispositivi medici. Lo studente analizzerà criticamente le pubblicazioni scientifiche al fine di identificare nuovi possibili campi di interesse per la ricerca e/ o aree tematiche emergenti per un impiego in una società. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame consiste di un test scritto e/o orale. | | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| Insegnamento: Biotechnological Processes | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/25 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Concetto di bioraffineria. Recupero, resa, selettività, purezza - definizione per unità operative dedicate ai processi biotecnologici. Processi di downstream nelle industrie biotecnologiche - Rimozione degli insolubili (filtrazione e centrifugazione), isolamento del prodotto, purificazione e polishing. Estrazione liquido-liquido. Filtrazione a membrana. Adsorbimento. Cromatografia. Precipitazione/cristallizzazione. Sviluppo del flowsheet. Analisi tecnicoeconomiche nei processi di bioraffineria - CAPEX e OPEX. Casi di studio - Energia da biomassa e rifiuti, Bioprodotto da biomassa e rifiuti ed esempi di vari concetti di bioraffineria. | | | |
| Obiettivi formativi: | | | |



Lo studente deve essere in grado di selezionare le operazioni unitarie volte allo sfruttamento di risorse rinnovabili e progettare/dimensionare le unità operative selezionate.

Propedeuticità in ingresso:

Nessuna

Propedeuticità in uscita:

Nessuna

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:

L'esame consiste in una prova scritta con esercizi numerici. Il voto finale d'esame è espresso in trentesimi da 18/30 a 30/30 e lode.

| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: COMBUSTIONE E FLUIDODINAMICA DI SISTEMI REAGENTI | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: ING-IND/25 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Cinetica chimica dei processi reattivi. Modelli di fiamma a bassa dimensionalità. Turbolenza e interazione fiamma-turbolenza. Aerodinamica dei processi di combustione. Modellazione fluidodinamica di camere di combustione in configurazioni prototipali. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze per inquadrare i processi di combustione nell'ambito delle applicazioni propulsive e di generazione di potenza per valutare il loro potenziale sviluppo sotto i vincoli di nuovi combustibili, di nuovi limiti di emissione di inquinanti e di nuove categorie di prestazioni. Inoltre, il corso definisce nelle configurazioni prototipali più rilevanti le equazioni che descrivono i processi di combustione che evolvono sotto fissate condizioni al contorno/iniziali, analizzandone i parametri più significativi e le variazioni più sensibili. Tale inquadramento sistematico dei processi di combustione permette di enucleare i più significativi sotto processi che possano essere affrontati con metodi di calcolo consolidati a carattere monodisciplinare. Infine il corso analizza categorie di processi di combustione specifici col fine di esercitare gli strumenti metodologici acquisiti, di familiarizzare con rudimenti di progettazione di processi semplici e di sviluppare percorsi critici che permettano di considerare nuove configurazioni nelle loro potenzialità e nelle loro similitudini con configurazioni consolidate. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame si articola in una prova orale con un elaborato progettuale. | | | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Insegnamento: Environmental Biotechnology | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/24 | | CFU: 6 | |



| | |
|--|---|
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le applicazioni sono rivolte all'ingegneria ambientale e sono finalizzate allo sviluppo di nuove tecnologie rispondenti ad esigenze economiche, energetiche e di compatibilità ambientale. Le competenze caratterizzanti includono i fenomeni di trasporto (scambio di materia fra fasi, anche in presenza di reazioni chimiche, e relative apparecchiature; controllo della dispersione di inquinanti nell'ambiente); la cinetica e reattoristica biochimica. | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornisce una discussione avanzata sui metodi di trattamento biologico delle acque reflue e sulle tecniche di biorisanamento del suolo e delle acque sotterranee contaminate, basandosi sull'applicazione dei principi dell'ingegneria biochimica e della microbiologia ambientale. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame scritto | |

| | |
|---|---|
| Insegnamento: Food Formulation Engineering | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING/IND-25 | CFU: 6 |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa dello studio di metodologie per la progettazione, la costruzione, la verifica e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche e biologiche della materia finalizzate alla produzione di beni, alla prestazione di servizi e alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni ambientali indotte da attività antropiche. Sono qualificanti: <ul style="list-style-type: none">• la progettazione dell'impianto compresa la simulazione,• l'elaborazione di schemi di processo quantificati inclusa la strumentazione di protezione e controllo e la valutazione dei costi:• la selezione, la progettazione e la verifica di reattori e di apparecchiature per operazioni unitarie utilizzati per specifiche applicazioni. I settori di riferimento sono: chimico, farmaceutico, alimentare, energetico, estrazione, raffinazione, trasporto e stoccaggio delle materie prime, dei vettori energetici, delle biotecnologie e delle tecnologie che abilitano la tutela ambientale e l'economia circolare | |
| Obiettivi formativi: | |



Lo studente dovrà acquisire conoscenza e capacità di comprensione di concetti avanzati di formulazione e di processo degli alimenti con particolare attenzione a:

- alle linee guida tecniche, commerciali, di marketing e di sostenibilità nella progettazione e nella formulazione degli alimenti;
- al Project Management nella progettazione e nella produzione alimentare;
- alla definizione, selezione e caratterizzazione delle materie prime, degli imballaggi e dei processi utilizzati nella produzione alimentare

Propedeuticità in ingresso: Nessuno

Propedeuticità in uscita: Nessuno

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:
Test (risposta multipla) + Orale (Discussione di report progettuale)

| | |
|--|---|
| Insegnamento: Chimica e Tecnologia delle Formulazioni (Modulo A + Modulo B) | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese |
| SSD: CHEM-02/A (ex CHIM/02) - Chimica Fisica CHEM-06/A (ex CHIM-07) - Fondamenti Chimici delle Tecnologie | CFU: 3 + 3 |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il Corso è consistente con i seguenti punti espressi nelle declaratorie degli SSD CHEM-02/A e CHEM-06/A: CHEM-02/A: "Il settore scientifico disciplinare si interessa dell'attività [...] didattico - formativa dei fenomeni fondamentali alla base dei processi chimici, [...] con applicazioni alla produzione e alle tecnologie, [...] nonché della preparazione di materiali anche molecolari. In particolare, le competenze riguardano i campi [...] dei nanosistemi, [...] della materia "soffice" e delle macromolecole di sintesi e biologiche, e ambiti come quello della scienza dei materiali, delle scienze biomediche, [...] con modelli per la sostenibilità e l'economia circolare. [...] Lo studio e l'utilizzo delle conoscenze considera livelli, che vanno dalla ricerca di base a quello applicativo-industriale." CHEM-06/A: "Il settore scientifico disciplinare si interessa dell'attività [...] didattico-formativa nei campi di studio dei fondamenti chimici e chimico-fisici dei diversi ambiti tecnologici, con una particolare attenzione alla preparazione delle diverse tipologie di materiali, alla caratterizzazione sia teorica che sperimentale delle loro proprietà e allo studio delle loro molteplici applicazioni, fornendo una sintesi dei principi comuni alle diverse fenomenologie e alle diverse categorie di sostanze." | |
| Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà i concetti di base della scienza dei colloidi e delle interfasi, di progettazione e ingegnerizzazione delle formulazioni chimiche, con particolare attenzione alla relazione tra la struttura/dinamica microscopica delle formulazioni e il loro comportamento funzionale ed ai metodi utilizzati per la loro produzione e caratterizzazione. Lo studente diventerà in grado di progettare, produrre e caratterizzare comuni formulazioni industriali. Il corso prevede un'attività di laboratorio presentata come un "caso di studio", in cui lo studente avrà la possibilità di applicare le conoscenze acquisite ad un reale problema industriale. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | |



| |
|--|
| Propedeuticità in uscita: Nessuna |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: discussione di un progetto e prova orale |

| | |
|---|---|
| Insegnamento: HETEROGENEOUS PHOTOCATALYTIC PROCESSES | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: ING-IND/27 | CFU: 6 |
| Anno di corso: 2023/24 | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodi per la definizione e la realizzazione dei processi chimici nella loro globalità, dalle materie prime ai prodotti finiti ed agli scarti di produzione, con l'obiettivo di fornire, anche mediante bilanci di materia e di energia, strumenti e criteri per la valutazione quantitativa dei processi, dal punto di vista sia economico sia delle implicazioni ambientali, della sicurezza e del controllo di qualità. Studio dei processi a partire dalle valutazioni degli aspetti termodinamici, cinetici e di trasporto che ne sono alla base. Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori e del reattore | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti le nozioni avanzate necessarie per avere una panoramica integrata della fotocatalisi eterogenea e delle sue principali applicazioni, con uno sguardo agli sviluppi futuri | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame si articola in una prova orale o discussione di un elaborato progettuale | |

| | |
|--|---|
| Insegnamento: Industrial Ecology and Green Engineering | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
| SSD: Impianti Chimici (ING-IND/25) | CFU: 6 |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico-disciplinare mira allo studio di metodologie per la costruzione e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche e biologiche della materia finalizzate alla produzione di beni, alla prestazione di servizi e alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. L'attenzione si concentra sulla familiarizzazione e sull'applicazione degli strumenti fondamentali dell'Ecologia Industriale, tra i quali la Mass Flow Analysis e il Life Cycle Assessment, alle valutazioni di sostenibilità dell'impiego di risorse e dello sviluppo di processi e di prodotti di rilevanza industriale. | |
| Obiettivi formativi: Lo studente deve dimostrare: | |



- conoscere ed essere in grado di applicare gli strumenti fondamentali dell'Ecologia Industriale (Mass Flow Analysis, Life Cycle Assessment) alle valutazioni di sostenibilità dell'impiego di risorse e dello sviluppo di processi e di prodotti di rilevanza industriale.
- di essere in grado di produrre relazioni scritte sugli argomenti del corso e di ampliare le proprie conoscenze attraverso la ricerca e l'accesso a documenti pertinenti agli argomenti del corso.

Propedeuticità in ingresso:

Nessuna

Propedeuticità in uscita:

Nessuna

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:

L'esame è basato sulla discussione in un colloquio orale a partire dall'analisi di un project work.

| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: INGEGNERIA DEI MATERIALI NANOFASICI PER L'ENERGETICA E LA SENSORISTICA | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/22 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: "Il settore si interessa dell'attività scientifica e didattico-formativa nel campo della Scienza e Tecnologia dei Materiali." "Il settore racchiude la globalità degli aspetti culturali e professionali relativi alla scienza ed alla tecnologia dei materiali sia strutturali che funzionali, aventi interesse tecnico e ingegneristico per" [...]"l'energia e l'ambiente" "Più specificamente, sono in esso incluse le competenze connesse con le relazioni tra struttura a tutte le scale dimensionali (dal nano al macro), formulazione, processo, prestazioni e proprietà chimiche" [...]"fisiche," [...]"le tecnologie di produzione" [...]"il comportamento in servizio" "Sono di pertinenza del settore i materiali metallici, ceramici, polimerici, semiconduttori e le relative leghe, combinazioni multimateriali e compositi, sia naturali che artificiali, trattamenti superficiali con e senza apporto di materiali, e l'insieme delle metodologie, tecniche e trattamenti destinati alla funzionalizzazione." "È inoltre patrimonio del settore il complesso delle conoscenze relative alle interfacce dei sistemi ibridi inorganici-organici-biologici e le competenze riguardanti i materiali per la conversione, l'accumulo e la conservazione dell'energia" | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso ha come obiettivo quello di mostrare le molteplici potenzialità della formazione di nanofasi nei materiali per applicazioni energetiche e sensoristiche. Partendo dai processi di produzione delle nanofasi e alla caratterizzazione dei materiali nanofasici si arriverà a dimostrarne i vantaggi in specifiche applicazioni. Gli studenti avranno una panoramica di insieme su quelli che saranno i materiali del futuro nelle tecnologie optoelettroniche per la conversione, lo stoccaggio di energia e la sensoristica. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale. | | | |



| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: INGEGNERIA DEI SISTEMI ELETTROCHIMICI E CELLE A COMBUSTIBILE | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/27 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti del corso si collocano all'interno delle tematiche proprie della Chimica Industriale per l'Ingegneria Chimica. Nello specifico i contenuti del corso sono finalizzati allo studio dei sistemi elettrochimici che sono alla base dello sviluppo di tecnologie di produzione di energia ad elevata efficienza ed a basso impatto ambientale. Vengono trattati in maniera specifica gli aspetti caratteristici delle reazioni elettrocatalitiche che intervengono in sistemi quali celle a combustibile e celle di elettrolisi | | | |
| Obiettivi formativi: I principali obiettivi del corso sono quelli di fornire allo studente le conoscenze che gli permettano di valutare i benefici dell'applicazione delle tecnologie elettrochimiche in termini di efficienza, sostenibilità ed impatto ambientale. Ulteriore obiettivo è mettere lo studente in grado di valutare in maniera critica le prospettive di applicazione delle diverse tecnologie ed i settori di impiego di maggiori potenzialità | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame si articola in una prova orale e nella discussione di elaborato da svolgere in un'unica sessione | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: Ingegneria Sanitaria Ambientale | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ICAR/03 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I/II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti proposti dalla declaratoria del SSD e coerenti con gli obiettivi formativi del corso riguardano gli aspetti ingegneristici nella tutela degli equilibri degli ecosistemi e nella prevenzione dell'inquinamento chimico, fisico e biologico e includono studi sui processi per il trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi e per la depurazione e potabilizzazione delle acque. | | | |
| Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire allo studente: <ul style="list-style-type: none">- le conoscenze di base sulle strategie di protezione e risanamento ambientale, con particolare riferimento a quelle di interesse per il comparto idrico;- informazioni relative alle componenti ambientali, alle sorgenti e agli effetti dei fenomeni di inquinamento e alle strategie di mitigazione;- i principali parametri chimici, fisici e biologici per la caratterizzazione delle acque destinate al consumo umano, delle acque potabili e delle acque reflue urbane; | | | |



- i principi delle soluzioni tecniche e delle configurazioni impiantistiche per il trattamento di acque destinate al consumo umano e di acque reflue;
- i principi della gestione dei rifiuti solidi, con particolare riguardo a quelli di origine urbana.

Propedeuticità in ingresso:

Nessuna

Propedeuticità in uscita:

Nessuna

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:

L'insegnamento prevede un'unica prova di verifica del profitto, al termine del corso, e consiste in un colloquio orale.

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Interfacial Engineering | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/24 | | CFU: 6 CFU | |
| Anno di corso: Primo o Secondo | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso si occupa di approfondire "gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica," e "dei fenomeni di trasporto" che si verificano all'interfaccia tra fasi diverse, con applicazioni "rivolte, oltre che all'industria di processo, anche all'ingegneria ambientale, biomedica". | | | |
| Obiettivi formativi: Sapere: Fornire i concetti di base relativamente agli equilibri di fase ed ai fenomeni di trasporto in processi interfacciali di interesse per l'ingegneria chimica. Saper fare: Risoluzione di problemi di bilancio di materia e di energia, e di equilibri di fase e di reazione all'interfaccia tra fasi diverse. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame è basato su una prova scritta e una presentazione orale. Per quest'ultima gli studenti sono divisi in piccoli gruppi per elaborare la presentazione. | | | |

| | |
|---|---|
| Insegnamento: Machine learning for Product and Process Engineering <i>Modulo 1:</i> Machine Learning for process design and optimization <i>Modulo 2:</i> Machine Learning for formulated product development <i>Modulo 3:</i> Gaussian-process-aided optimization of chemical reactions and products | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese |
|---|---|

| | |
|--|--|
| SSD: ING-IND/25 (modulo 1), ING-IND/26 (modulo 2), ING-IND/27 (modulo 3) | CFU: 2 (modulo 1) + 2 (modulo 2) + 2 (modulo 3) |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| <p>Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso:</p> <p><i>Modulo 1:</i> "... studio delle metodologie per la realizzazione di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche della materia finalizzate alla produzione di beni, all'erogazione di servizi La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi. ..."</p> <p><i>Modulo 2:</i> "... lo sviluppo e l'applicazione di: metodi matematici per l'analisi, la modellistica, l'identificazione e la simulazione anche con metodi numerici di sistemi dell'industria di processo; metodi statistici e probabilistici per l'industria di processo; metodologie per l'analisi statistica di dati e la programmazione della sperimentazione in scala di laboratorio, in scala pilota ed in scala industriale..."</p> <p><i>Modulo 3:</i> "... ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali."</p> | |
| <p>Obiettivi formativi:</p> <p><i>Modulo 1:</i> A partire da un caso studio relativo alla progettazione e/o all'esercizio di un impianto/processo chimico, il Modulo 1 intende presentare alcuni elementi introduttivi sulle tecniche di data science e data analytics applicate all'ingegneria di processo, partendo dalla logica di costruzione di un tipico dataset sperimentale (p.e. dall'analisi del P&ID). Il modulo intende mostrare le potenzialità del machine learning (ML), ma soprattutto evidenziare le possibilità offerte dall'integrazione tra modellazione analitica (physical driven) e modellazione basata sugli approcci ML (data driven) nel realizzare modelli ibridi di progettazione e gestione di impianti di processo. A tal fine, il caso studio sarà presentato in maniera generale (per renderlo fruibile ad una platea priva di conoscenze di base nell'ingegneria chimica), descritto tramite la presentazione delle equazioni che governano il processo e analizzato a partire da un dataset sperimentale che fornirà le basi per l'applicazione di modelli ML e modelli ibridi di analisi dei dati.</p> <p><i>Modulo 2:</i> Il Modulo 2 si propone di fornire una panoramica di base sugli strumenti di machine/deep learning (e.g., reti neurali) per l'analisi e la classificazione di immagini estratte da contesti relativi alla produzione di liquidi formulati. Il Modulo 2 si propone altresì di fornire gli elementi necessari all'implementazione degli strumenti di cui sopra a casi di studio basati su dataset industriali reali.</p> <p><i>Modulo 3:</i> Il Modulo 3 si propone di fornire una panoramica di base sullo strumento dei Processi Gaussiani per la stima di funzioni incognite e loro incertezza in presenza di un numero limitato di osservazioni sperimentali e la loro integrazione in routine di closed-loop-optimization. Muovendo da tale contesto, il Modulo 3 si propone altresì di fornire gli elementi necessari all'applicazione degli strumenti calcolativi a casi di studio reali nel campo dell'ottimizzazione di reazioni chimiche e di proprietà di prodotti formulati.</p> | |
| <p>Propedeuticità in ingresso: nessuna</p> | |



| |
|---|
| Propedeuticità in uscita: nessuna |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Discussione di elaborato progettuale |

| | |
|--|--|
| Insegnamento: Meccanica dei fluidi complessi | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: italiano |
| SSD: Ing-Ind/24 | CFU: 6 |
| Anno di corso: | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso : Il settore ha come oggetto il "Basic Process Design", ovvero lo sviluppo di metodologie e tecnologie dell'industria di processo sulla base dei fenomeni fisici, chimici e biologici che ne caratterizzano le specifiche trasformazioni. Competenze caratterizzanti includono la meccanica dei fluidi newtoniani, non newtoniani e dei sistemi polifasici. Le applicazioni sono rivolte non solo all'industria di processo, ma anche all'ingegneria ambientale e biomedica e sono finalizzate allo sviluppo di nuove tecnologie che rispondano a esigenze economiche, energetiche e di compatibilità ambientale. | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti nozioni specialistiche riguardanti il comportamento di fluidi complessi in flusso, con particolare attenzione al legame tra microstruttura e proprietà macroscopiche dei fluidi in esame. Verranno presentati fluidi complessi di interesse per l'ingegneria chimica e dei materiali, in ambito industriale, biomedico e farmaceutico e nuove tecnologie per la loro caratterizzazione. | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale | |

| | |
|--|--|
| Insegnamento: REATTORI E APPARECCHIATURE MULTIFASE | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: ING-IND/25 | CFU: 6 |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: in presenza | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso : L'insegnamento affronta lo studio delle metodologie per la realizzazione di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche della materia. La progettazione impiantistica comprende gli schemi del processo e la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, riguardanti in particolare la progettazione funzionale e la scelta dei reattori e | |



delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione. I comparti di riferimento sono quelli relativi alle tecnologie chimiche, farmaceutiche, alimentari, energetiche nonché della salvaguardia ambientale.

Obiettivi formativi:

Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire elementi approfonditi per la comprensione di concetti di fluidodinamica e reattoristica multifase, con particolare attenzione ai sistemi granulari e alla fluidizzazione. L'insegnamento si propone di presentare una rassegna ragionata delle principali apparecchiature multifase per operazioni unitarie e reazioni chimiche ricorrenti nell'industria di processo, di descrivere le apparecchiature con riferimento agli aspetti funzionali, di affrontarne gli aspetti progettuali ed i criteri per il loro dimensionamento.

Propedeuticità in ingresso:

Nessuna

Propedeuticità in uscita:

Nessuna

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:

Esame, prova orale

| | | | |
|---|---|---|--|
| Insegnamento: Regenerative Chemistry | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: CHIM/07 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è orientato allo studio dei fondamenti chimici e chimico-fisici dei diversi settori delle tecnologie, con particolare riguardo a quelli che si riferiscono ai materiali, alle loro proprietà e alla loro interazione con l'ambiente, fornendo una sintesi dei principi comuni alle diverse fenomenologie e alle diverse categorie di sostanze. | | | |
| Obiettivi formativi: (i) Conoscenza dei principi della chimica verde e circolare (ii) Risorse rinnovabili per i processi chimici (iii) Competenze nell'identificazione e nell'implementazione di processi e prodotti ecocompatibili e ecosostenibili (rigenerativi) (iv) Strategie di valorizzazione di scarti: urban mining, prodotti organici e inorganici a fine vita, bioscarti. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova Orale e discussione di elaborato progettuale | | | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Rischi di esplosione nei luoghi di lavoro: prevenzione e protezione | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/27 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | Tipologia di Attività Formativa: D | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |



| |
|---|
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD ING-IND/27 coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali. |
| Obiettivi formativi: Fornire allo studente le conoscenze per una corretta valutazione dei rischi di esplosione connessi allo stoccaggio, al trasporto e alla trasformazione di sostanze pericolose (instabili e infiammabili) e per la scelta delle più idonee misure preventive e protettive. |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna Propedeuticità in uscita: nessuna |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: solo prova orale |

| | |
|---|--|
| Insegnamento: SICUREZZA DI MATERIALI SOLIDI E LIQUIDI ED ATTIVITÀ LABORATORIALI | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: italiano |
| SSD: ING-IND/27 | CFU: 6 |
| Anno di corso: I-II | Tipologia di Attività Formativa: D |
| Modalità di svolgimento: lezioni in presenza in aula e attività di laboratorio | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai <u>problemi di sicurezza</u> e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori, del reattore, delle apparecchiature e dei materiali. | |
| Obiettivi formativi: (i) Competenze e capacità di comprensione dell'hazard connesso all'utilizzo/stoccaggio di sostanze pericolose, (ii) Identificazione e sviluppo del piano sperimentale/calcolativo per la classificazione della pericolosità delle sostanze infiammabili liquide, solide e gassose, (iii) Capacità di individuare i parametri di infiammabilità/esplosività e degli indici necessari per la quantificazione del grado di pericolosità. | |
| Propedeuticità in ingresso: None | |
| Propedeuticità in uscita: None | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale | |



| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: Sicurezza strutturale antincendio di edifici per processi industriali | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ICAR/09 – Tecnica delle Costruzioni | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Problematiche delle azioni sulle costruzioni e dei comportamenti che ne conseguono in funzione delle tipologie e delle morfologie, dei materiali e delle tecnologie, con particolare riferimento all'azione eccezionale "incendio". Valutazioni di vulnerabilità, affidabilità, comfort, sicurezza e durabilità. Metodi e strumenti per la progettazione strutturale e la realizzazione di strutture. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornirà gli elementi di base per progetto, calcolo e verifiche di sicurezza delle strutture esposte all'incendio, con particolare riferimento alle tipologie strutturali per edifici ad uso industriale. Il corso consentirà agli studenti di acquisire gli strumenti principali per l'applicazione delle strategie di prevenzione incendi partendo dalla definizione del rischio incendio e dell'azione incendio attraverso l'approccio prescrittivo e l'innovativo approccio dell'ingegneria della sicurezza antincendio (Fire Safety Engineering). Si forniranno inoltre gli strumenti principali per poter operare con alcuni applicativi software. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale. | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: SIMULAZIONE MOLECOLARE DI MATERIALI | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: CHIM/04 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso. 1) Cenni storici sulla nascita della simulazione molecolare. Nozioni di base di meccanica statistica. Superficie di energia potenziale di un sistema molecolare 2) Condizioni al contorno ed effetti di bordo 3) Campi di forza 4) Ensemble termodinamici e loro implementazione numerica 5) Metodi ed approssimazioni per ridurre il costo computazionale di simulazioni molecolari 6) Simulazione di un fluido di Lennard-Jones 7) Constraints, cut-off ed altri metodi per il trattamento di modelli molecolari realistici 8) Le interazioni elettrostatiche 9) Simulazione di un modello realistico su scala molecolare 9) Metodi coarse-graining per materiali polimerici. | | | |
| Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire allo studente le tecniche di simulazione molecolare. Conoscenza dell'impianto teorico, delle tecniche numeriche e degli algoritmi principali alla base dei metodi di simulazione molecolare. Familiarizzazione con alcuni codici numerici per la simulazione molecolare. | | | |



Propedeuticità in ingresso: nessuna

Propedeuticità in uscita: nessuna

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: colloquio orale

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Sustainable Technologies for Pollution Control | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/25 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: “La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi”. “La progettazione funzionale e la scelta dei reattori e delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione; la visione globale dell'impianto e la capacità di ricomposizione dei diversi aspetti in un progetto ed in uno schema funzionale; la sicurezza e l'impatto ambientale degli impianti” | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso intende presentare i principi chimico-fisici, le caratteristiche e i principali indicatori prestazionali di tecnologie di purificazione di correnti gassose e di acque, mirati a minimizzare l'impatto ambientale e migliorare gli indicatori di sostenibilità per l'industria di processo, le centrali di produzione di energia e i motori a combustione interna, incluse applicazioni specifiche alle celle a combustibile e ai processi di cattura e sequestro/utilizzo della CO ₂ . Il corso descrive processi di separazione e processi catalitici consolidati allo stato dell'arte e tecnologie innovative basate sui processi di plasma non termico e di elettroidrodinamica. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuno | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuno | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: La valutazione sulla presentazione orale di un progetto di gruppo. | | | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Thermo-Chemical Conversion of Biomass and Waste | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ING-IND/26 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: | | | |



Le competenze del settore sono finalizzate alla caratterizzazione ed allo sviluppo di processi con attenzione agli aspetti energetici, economici e di interazione con l'ambiente per le industrie chimiche, biotecnologiche, alimentari, farmaceutiche e per la produzione e trasformazione dei materiali.

Obiettivi formativi:

Il corso fornisce le informazioni di base relative ai processi e alle tecnologie per la conversione termo-chimica di biomasse e rifiuti in bio-prodotti

Propedeuticità in ingresso:

Nessuno

Propedeuticità in uscita:

Nessuno

Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto:

Il tipo di esame, che consiste nella preparazione e discussione di un elaborato, è scritto e orale



| | |
|--|---|
| Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d | Lingua di erogazione dell'Attività: italiano |
| Attività: <ul style="list-style-type: none">• Ulteriori conoscenze linguistiche• Abilità informatiche e telematiche• Tirocini formativi e di orientamento• Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro | CFU: <ul style="list-style-type: none">• 0-3• 0-3• 0-3• 0-3 |
| Anno di corso: III | Tipologia di Attività Formativa: F |
| Modalità di svolgimento: in presenza o a distanza | |
| Obiettivi formativi: Tali attività concorrono al raggiungimento di obiettivi formativi di tipo linguistico, informatico, orientamento o professionalizzante per il mondo del lavoro | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | |
| Tipologia delle prove di verifica del profitto: idoneità | |



REGOLAMENTO DIDATTICO DEL PERCORSO

MINOR "GREEN TECHNOLOGIES"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

ACRONIMI

| | |
|---------|--|
| CCD | Commissione di Coordinamento Didattico |
| CdS | Corso/i di Studio |
| CPDS | Commissione Paritetica Docenti-Studenti |
| OFA | Obblighi Formativi Aggiuntivi |
| SUA-CdS | Scheda Unica Annuale del Corso di Studio |
| RDA | Regolamento Didattico di Ateneo |

INDICE

| | |
|---------|---|
| Art. 1 | Oggetto |
| Art. 2 | Conoscenze e competenze del Percorso Minor |
| Art. 3 | Requisiti per l'ammissione al PM per gli studenti iscritti a un CdS di Ateneo |
| Art. 4 | Requisiti per l'ammissione al PM per gli studenti laureati o di altri Atenei |
| Art. 5 | Modalità per l'accesso al Percorso Minor e personale preparazione |
| Art. 6 | Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari |
| Art. 7 | Modalità di erogazione delle attività didattiche |
| Art. 8 | Periodo di svolgimento e conclusione del Percorso Minor |
| Art. 9 | Propedeuticità e conoscenze pregresse |
| Art. 10 | Calendario didattico del Percorso Minor |
| Art. 11 | Tasse e contributi per l'accesso al Percorso Minor |
| Art. 12 | Pubblicità ed entrata in vigore |

Art. 1 Oggetto

1. Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Percorso Minor (PM) Green Technologies (ai sensi dell'Art. 3, comma 3, e dell'Art. 18, commi 1, 2 del RDA)
2. Il Percorso Minor (PM) in Green Technologies è proposto dai seguenti Dipartimenti nell'ambito dei Corsi di Studio di seguito indicati

| DIPARTIMENTI PROPONENTI | |
|--|--|
| DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, DEI MATERIALI E DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE | CdS in Ingegneria Chimica (LM-22) |
| | CdS in Ingegneria dei Materiali (LM-53) |
| DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE | CdS in Ingegneria Elettrica (LM-28) |
| DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE | CdS in Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente (LM-33) |
| DIPARTIMENTO DI DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE | CdS in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio (LM-35) |

3. Il PM in Green Technologies è supportato da un Comitato di Coordinamento, nel seguito indicato come “Comitato”, costituito dai Coordinatori dei Corsi di Studio proponenti o loro delegati.
4. Il Comitato svolge le seguenti funzioni:
 - coordina le attività formative;
 - verifica e assume le decisioni circa gli studenti del PM (verifica delle domande di iscrizione, ammissione o decadenza dal PM, assegnazione dei piani formativi);
 - sovrintende alla organizzazione didattica generale del PM, in stretta connessione con i Dipartimenti e le CCD dei CdS a cui il PM è associato;
 - esplica il monitoraggio periodico e la verifica dei risultati, sottoponendo le proprie valutazioni ai Dipartimenti e alle CCD dei CdS a cui il PM è associato, ai fini dell’assicurazione della qualità dei CdS.
5. I membri del Comitato indicano tra i suoi membri un Coordinatore del Comitato, nel seguito indicato come “Coordinatore del PM”. Il Coordinatore del PM ha la responsabilità del funzionamento del Comitato e ne convoca le riunioni.
6. La gestione amministrativa del PM è affidata al Dipartimento di afferenza del Coordinatore del PM.
7. La Tabella delle Attività formative del PM è allegata al presente Regolamento.

Art. 2

Conoscenze e competenze del Percorso Minor

La globalizzazione, la transizione digitale, la nuova centralità dei temi della sostenibilità, l’emergenza sanitaria stanno investendo il mondo delle professioni e delle attività intellettuali con una urgenza che non ha precedenti, richiedendo soluzioni tempestive e affidabili a problemi caratterizzati da elevato grado di complessità e multidimensionalità. Al professionista che operi in questi settori si richiede capacità di approccio interdisciplinare e visione sistemica in aggiunta alla specifica formazione disciplinare.

L’Università degli Studi di Napoli Federico II, molto attenta ai fabbisogni di alta formazione posti dalla società, promuove un complesso di iniziative per la formazione di professionalità versatili da impegnare in settori strategici, tra le quali trova specifica collocazione il **Minor Green Technologies**. Il Minor in *Green Technologies* dell’Università di Napoli Federico II risponde alla finalità di sviluppare, partendo da solidi “fondamentali” nelle discipline ingegneristiche pertinenti, professionalità dotate di competenze sistemiche, di visione interdisciplinare, di competenze digitali, attente alla innovazione, in grado di affrontare con strumenti culturali adeguati le trasformazioni che accompagnano la Transizione Ecologica.

Il Minor in *Green Technologies* si inquadra nel progetto nazionale **Tecnologie per le transizioni** attivato in partenariato con i Politecnici di Bari, Milano e Torino e le Università di Bologna, Padova, Palermo e Roma La Sapienza, con gli auspici del Ministero per l’Università e la Ricerca.

Il percorso formativo si sviluppa attraverso moduli didattici a carattere interdisciplinare e attività di project work, tipicamente sviluppate in team per l’analisi di casi di studio e challenges. Sono previste opportunità di mobilità e internship nell’ambito di accordi con gli altri Atenei coinvolti nel progetto *Tecnologie per le transizioni* e con Aziende sostenitrici del progetto.

Il Minor *Green Technologies* è rivolto a una pluralità di figure: studenti di Corsi di Laurea Magistrale affini alle tematiche della transizione ecologica che vogliano dare una specifica connotazione al proprio percorso di studi in coerenza con gli indirizzi del Minor; professionisti già inseriti nel modo del lavoro che intendano allargare il proprio spettro di competenze sui temi della transizione ecologica nel quadro di processi di formazione permanente per la qualificazione/riqualificazione professionale.

Il Minor *Green Technologies* punta a formare una figura professionale con competenze riferite al progetto e al controllo delle trasformazioni della materia e dell’energia, in grado di intervenire

qualificatamente nello sviluppo di soluzioni per un'economia industriale per la produzione di beni e l'erogazione di servizi e per la produzione, l'utilizzo e l'accumulo dell'energia improntati a criteri di sostenibilità, basati sull'uso efficiente delle risorse, sull'implementazione di protocolli di economia circolare, sulla preservazione della biodiversità e sulla riduzione dell'inquinamento.

Ambiti qualificanti delle attività formative sono: Chimica verde e rigenerativa; Controllo, monitoraggio, prevenzione e trattamento di rifiuti ed emissioni inquinanti; Produzione, accumulo e distribuzione sostenibili dell'energia; Progettazione e riconversione dei sistemi di produzione di beni e di erogazione di servizi in ottica di sostenibilità: bioeconomia, economia circolare, simbiosi industriale; Inquadramento dei processi di trasformazione della materia e dell'energia nei principi della ecologia industriale.

Ulteriori abilità e competenze trasversali sono acquisite con riferimento a: Strumenti digitali a supporto del greening dei processi e dei prodotti; Elementi di cultura giuridico/normativa, economica e manageriale riferiti alle problematiche dell'energia, dell'ambiente, della sostenibilità.

Art. 3

Requisiti di ammissione per l'accesso al PM per gli studenti iscritti a un CdS di Ateneo

1. Possono iscriversi al Minor gli studenti iscritti ai CCdSS elencati nella Tabella all'Art. 1, comma 2, in parziale sovrapposizione con gli studi della Laurea Magistrale alla quale sono iscritti.

Art. 4

Requisiti di ammissione per l'accesso al PM per studenti laureati o di altri Atenei

1. Possono altresì accedere al Minor gli studenti iscritti ad altri Atenei a CdS nelle medesime classi di laurea dei CdS associati al Minor (di cui all'art. 1 comma 2) e studenti già laureati nelle classi di Laurea dei CdS associati al Minor (di cui all'art.1 comma 2) o di ordinamenti equivalenti quali ex D.M. 509/1999, o ancora in possesso di titoli di studio acquisiti all'estero e riconosciuti equivalenti ai fini dell'ammissione dal Comitato di Coordinamento.
2. L'ammissione di studenti già laureati o iscritti presso altri Atenei è disposta previa verifica della compatibilità della carriera accademica pregressa con gli obiettivi formativi del PM.

Art. 5

Modalità per l'accesso al Percorso Minor e personale preparazione

1. In aggiunta a quanto specificato agli artt. 3 e 4, l'accesso al Minor prevede inoltre il rispetto di specifici criteri volti a valutare l'adeguatezza della personale preparazione dello studente.
2. Per gli studenti iscritti ai CCdSS elencati nella Tabella all'Art. 1, comma 2, e per gli studenti iscritti ad altri Atenei in CdS delle medesime classi di laurea dei CdS associati al Minor, la verifica del possesso dei requisiti relativi alla personale preparazione dello studente sarà effettuata dal Comitato.
3. Per gli studenti che accedono al Minor come laureati, il Comitato procede alla verifica del possesso dei requisiti per l'accesso al PM sulla base del voto di laurea magistrale e/o del curriculum vitae e ne valuta l'ammissione.

Art. 6

Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari

1. Le attività formative previste dal PM corrispondono a 30 CFU. Tali attività possono essere riconosciute all'interno della carriera di studenti iscritti ad un CdS dell'Ateneo; in ogni caso almeno 10 CFU devono essere riservati ad attività extracurricolari aggiuntive rispetto ai CFU del piano statutario per il conseguimento del titolo di studio (ai sensi dell'Art. 18, c. 1, del RDA).
2. Gli studenti iscritti ad una LM tra quelle elencate nella Tabella all'Art. 1, comma 2, all'atto di presentazione della istanza di iscrizione al Minor, presentano contestualmente un piano di studio per il CdS cui sono iscritti coerente con il percorso del Minor, anche al fine della verifica del criterio circa i crediti di natura extra-curricolare. Il piano di studio va approvato dalla competente CCD prima della ammissione al Minor dello studente e si intende attivo all'atto della ammissione al Minor.

Il piano di studi dovrà rispettare le seguenti condizioni:

- fino a 20 CFU sono acquisiti come crediti curriculari nell'ambito dei 120 CFU minimi per il conseguimento della Laurea Magistrale;
 - almeno 10 CFU sono acquisiti come crediti extra-curricolari, aggiuntivi rispetto ai 120 CFU minimi per il conseguimento della Laurea Magistrale;
 - almeno due terzi dei CFU sono acquisiti in settori diversi da quelli caratterizzanti per la Laurea Magistrale di provenienza.
3. Le ore di didattica assistita per ogni CFU sono stabilite in relazione al tipo di attività formativa ai sensi dell'Art. 6, c. 5 del RDA.
 4. Le attività sono suddivise in insegnamenti ed attività formative per la promozione delle competenze trasversali, organizzate in tre gruppi: Corsi di allineamento riportati nella Tabella A che forniscono le conoscenze di base delle Green Technology; corsi applicativi riportati nella Tabella B che presenta attività formative trasversali di area tecnico-scientifica mutate dalla offerta formativa disciplinare dei Corsi di Studio; corsi riportati nella Tabella C focalizzati sulle attività formative per la promozione delle competenze digitali; attività formative per la promozione delle competenze trasversali quali seminari, Soft Skills, Tirocini presso Istituzioni pubbliche o private qualificate.

| Tabella A | | | |
|--|--|--------------------------------|-----|
| Corso di Studi | Attività formative selezionabili | SSD | CFU |
| CdS in Ingegneria Chimica LM-22 | Industrial ecology and green engineering | ING-IND/25 | 6 |
| CdS in Ingegneria Elettrica LM-28 | Electrical technologies for the ecological transition | ING-IND/31 | 6 |
| CdS in Ingegneria Meccanica LM-33 | Thermo-mechanical technologies for the energy transition | ING-IND/08 (o 09) - ING-IND/10 | 6 |
| CdS in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio LM-35 | Circular bioeconomy for the ecological transition | ICAR/03 | 6 |
| CdS in Scienza e Ingegneria dei Materiali LM-53 | Sustainable materials | ING-IND/22 | 6 |

| Tabella B | | | | |
|-----------|--------------------|---|------------|-----|
| Classe | Corso di Studi | Attività formative selezionabili | SSD | CFU |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Environmental chemical engineering | ING-IND/25 | 6 |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Thermo-chemical conversion of biomass and waste | ING-IND/26 | 6 |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Sustainable technologies for pollution control | ING-IND/25 | 6 |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Ingegneria sanitaria ambientale | ICAR/03 | 6 |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Industrial chemistry from renewable feedstocks | ING-IND/27 | 9 |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Sustainable process design | ING-IND/25 | 9 |
| LM-22 | Ingegneria Chimica | Regenerative chemistry | CHIM/07 | 6 |

| Tabella B | | | | |
|-----------|---|--|------------|-----|
| Classe | Corso di Studi | Attività formative selezionabili | SSD | CFU |
| LM-28 | Ingegneria Elettrica | Electric and hybrid vehicles | ING-IND/32 | 6 |
| LM-28 | Ingegneria Elettrica | Energy management for transportation | ING-IND/32 | 9 |
| LM-28 | Ingegneria Elettrica | Impianti di produzione da fonti tradizionali e rinnovabili | ING-IND/33 | 6 |
| LM-28 | Ingegneria Elettrica | Sistemi energetici innovativi | ING-IND/08 | 6 |
| LM-33 | Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente | Energetica | ING-IND/10 | 9 |
| LM-33 | Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente | Tecnologie avanzate per l'energia | ING-IND/10 | 6 |
| LM-33 | Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente | Laboratorio di Ottimizzazione di sistemi termodinamici | ING-IND/10 | 6 |
| LM-33 | Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente | Sistemi di propulsione ibridi | ING-IND/08 | 6 |
| LM-33 | Ingegneria Meccanica per l'Energia e l'Ambiente | Sperimentazione e impatto ambientale delle macchine | ING-IND/09 | 9 |
| LM-35 | Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio | Smart and electric mobility | ICAR/05 | 9 |
| LM-35 | Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio | Impianti Idroelettrici | ICAR/02 | 9 |
| LM-35 | Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio | Smart, resilient and sustainable city | ICAR/20 | 9 |
| LM-35 | Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio | Energia dai rifiuti ed economia circolare | ICAR/03 | 9 |
| LM-35 | Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio | Idraulica per l'efficienza dei sistemi idrici | ICAR/01 | 9 |
| LM-53 | Scienza e Ingegneria dei Materiali | Materiali e tecnologie per il fotovoltaico | ING-IND/22 | 6 |
| LM-53 | Scienza e Ingegneria dei Materiali | Ingegneria dei materiali nanofasici per l'energetica e la sensoristica | ING-IND/22 | 6 |

| Tabella C | | |
|--------------------------------------|------------|-----|
| Attività formative selezionabili | SSD | CFU |
| Network security | ING-INF/05 | 6 |
| Machine learning and big data | ING-INF/05 | 9 |
| Technologies for information systems | ING-INF/05 | 9 |

5. Gli studenti del PM dovranno presentare e discutere una tesi di Laurea Magistrale a carattere interdisciplinare su un argomento coerente con il profilo scelto
6. I CFU corrispondenti a ciascuna attività formativa sono acquisiti dallo studente con il soddisfacimento delle modalità di verifica del profitto (esame, idoneità) indicate nella Schedina relativa all'insegnamento/attività.
7. Gli studenti già in possesso del titolo di LM (o equivalente) oppure gli studenti iscritti in altri Atenei sono tenuti a presentare all'iscrizione un piano di studi. Il Comitato verifica la coerenza delle attività scelte dallo studente con la sua carriera accademica, al fine di evitare repliche di attività formative già sostenute e per controllare eventuali propedeuticità. Per gli studenti iscritti a CdS di altri Atenei questa verifica è ripetuta a valle del conseguimento del relativo titolo. Lo studente dovrà accettare il piano di studi approvato dal Comitato. Laddove non venga rispettato il piano di studi approvato, lo studente non potrà conseguire la certificazione di completamento del PM.
8. Ai fini della carriera del Minor, gli studenti (siano essi iscritti ad un CdS o già laureati) possono chiedere il riconoscimento di esami previsti nel percorso del Minor (o esami ad essi equipollenti) già sostenuti, fermo restando il vincolo che almeno 10 CFU del percorso del Minor riguardino attività extra-curricolari aggiuntive rispetto a quelle che concorrono o hanno concorso al conseguimento del titolo. In nessun caso possono essere sostenuti nuovamente, ai fini del completamento del Minor, esami già superati da studenti nella loro precedente carriera.

Art. 7

Modalità di erogazione delle attività didattiche

1. Le attività didattiche del PM vengono svolte nelle modalità previste dai CdS di afferenza degli insegnamenti.
2. Informazioni dettagliate sulle modalità di svolgimento di ciascun insegnamento sono presenti sulle Schede degli insegnamenti sul sito docenti UniNA.

Art. 8

Periodo di svolgimento e conclusione del Percorso Minor

1. Il Minor si consegue al completamento di tutte le attività previste dal percorso e, per gli studenti che accedono al Minor come iscritti ad un CdS non prima del conseguimento del relativo titolo. Per gli studenti iscritti ad un CdS, il Minor si conclude all'atto del conseguimento del titolo finale, oppure successivamente entro un intervallo temporale di norma non superiore ad 1 anno. Per gli studenti già laureati, il percorso del Minor deve concludersi entro un intervallo di tempo dalla ammissione di norma non superiore a 2 anni.
2. A conclusione del PM l'Ateneo rilascia una specifica certificazione (ai sensi dell'art. 18, c. 1, del RDA) anche mediante rilascio di Open Badge. Nel caso degli studenti iscritti ai CCdSS elencati nella Tabella all'Art. 1, comma 2 l'Open Badge evidenzierà le credenziali extracurricolari acquisite.
3. La certificazione attesta che lo studente ha frequentato con profitto le attività previste dal presente Regolamento del PM Green Technology Developer. Essa è accompagnata da un voto corrispondente alla media dei voti conseguiti nell'insieme delle attività formative previste dal PM.
4. Ai fini della certificazione del PM, la CCD competente in relazione alla Classe di Laurea dello studente, sentito il Comitato, attesta le competenze complessivamente acquisite.

Art. 9

Propedeuticità e conoscenze pregresse

1. L'elenco delle propedeuticità è desumibile dalle schede degli insegnamenti nei Regolamenti dei CdS di afferenza.
2. Le eventuali conoscenze pregresse ritenute necessarie per l'accesso alle attività previste dal PM sono indicate nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sul sito docenti UniNA.

Art. 10

Calendario didattico del Percorso Minor

1. Il calendario didattico del PM viene reso disponibile sul sito web di ciascun Dipartimento e CdS proponente del PM, prima dell'inizio delle attività.

Art. 11

Tasse e contributi per l'accesso al Percorso Minor

1. Gli Studenti iscritti ad un CdS dell'Ateneo ammessi al PM accedono al percorso gratuitamente, ovvero, se previsto dal Consiglio di Amministrazione (CdA), versando all'Ateneo un contributo fissato annualmente dallo stesso CdA. Tutti gli altri studenti che accedono al PM versano all'Ateneo un contributo fissato dal CdA.

2. Ai sensi dell'Art. 18, c. 2, del RDA, l'ammissione al PM dà origine a una carriera distinta da quella del Corso di Studio cui sono immatricolati.

Art. 12

Pubblicità ed entrata in vigore

1. Il regolamento del PM è pubblicato sui siti dei CdS coinvolti con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività formative.

ALLEGATO 2

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL PERCORSO

MINOR "GREEN TECHNOLOGIES"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

| | | | |
|--|--|---|---------------|
| Insegnamento: INDUSTRIAL ECOLOGY AND GREEN ENGINEERING | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: INGLESE | |
| SSD: ICHI-02/A (ex ING-IND/25) | | | CFU: 6 |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare comprende lo studio delle metodologie per la progettazione, la realizzazione, la verifica e l'esercizio di impianti industriali basati su trasformazioni chimico- fisiche e biologiche della materia finalizzate ... alla mitigazione delle modificazioni all'ambiente indotte da attività o insediamenti antropici. Per il settore, sia nell'attività scientifica sia in quella didattico-formativa, sono qualificanti: ... le valutazioni economiche, di sostenibilità e di impatto ambientale esaminate anche nel contesto dell'ecologia industriale. Comparti di riferimento sono ... le tecnologie a supporto della salvaguardia ambientale e della economia circolare. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso intende fornire agli studenti metodi e strumenti di ecologia industriale per la valutazione della sostenibilità di processi o prodotti industriali. Il corso include: metodologie di analisi del flusso di materiali; metodologie di valutazione del ciclo di vita ambientale per valutazioni di impatto ambientale e relazioni con il costo del ciclo di vita e l'impatto sociale; ingegneria per l'economia circolare e la "performance economy". Casi di studio e applicazioni aiutano gli studenti a familiarizzare con i metodi e gli strumenti presentati. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: discussione di elaborato progettuale | | | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Environmental Chemical Engineering | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese | |
| SSD: ICHI-02/A (ex ING-IND/25) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore comprende lo studio delle metodologie per la realizzazione di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche della materia finalizzate alla produzione di beni, all'erogazione di servizi ed alla prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici. La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso intende fornire una conoscenza dettagliata dei meccanismi di formazione di inquinanti da attività antropogeniche per comprendere correttamente i problemi ambientali e la relazione tra attività antropogeniche ed effetti sull'ambiente di vita e sulla salute dell'uomo. L'obiettivo finale è quello di fornire strumenti e metodologie per una corretta attuazione di politiche ambientali. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova Orale. Il risultato della valutazione sarà basato sul livello di apprendimento dell'allievo e sulla sua capacità di applicare le nozioni acquisite a problemi anche diversi da quelli presentati durante il corso. Non è obbligatoria la frequenza del corso. | | | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Thermo-Chemical Conversion of Biomass and Waste | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ICHI-01/C (ex ING-IND/26) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze del settore sono finalizzate alla caratterizzazione ed allo sviluppo di processi con attenzione agli aspetti energetici, economici e di interazione con l'ambiente per le industrie chimiche, biotecnologiche, alimentari, farmaceutiche e per la produzione e trasformazione dei materiali. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornisce le informazioni di base relative ai processi e alle tecnologie per la conversione termo-chimica di biomasse e rifiuti in bio-prodotti | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Il tipo di esame, che consiste nella preparazione e discussione di un elaborato, è scritto e orale | | | |



| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Sustainable Technologies for Pollution Control | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ICHI-02/A (ex ING-IND/25) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: “La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi”. “La progettazione funzionale e la scelta dei reattori e delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione; la visione globale dell'impianto e la capacità di ricomposizione dei diversi aspetti in un progetto ed in uno schema funzionale; la sicurezza e l'impatto ambientale degli impianti” | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso intende presentare i principi chimico-fisici, le caratteristiche e i principali indicatori prestazionali di tecnologie di purificazione di correnti gassose e di acque, mirati a minimizzare l'impatto ambientale e migliorare gli indicatori di sostenibilità per l'industria di processo, le centrali di produzione di energia e i motori a combustione interna, incluse applicazioni specifiche alle celle a combustibile e ai processi di cattura e sequestro/utilizzo della CO ₂ . Il corso descrive processi di separazione e processi catalitici consolidati allo stato dell'arte e tecnologie innovative basate sui processi di plasma non termico e di elettroidrodinamica. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: La valutazione sulla presentazione orale di un progetto di gruppo. | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: Ingegneria Sanitaria Ambientale | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: CEAR-02/A (già ICAR/03) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I/II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti proposti dalla declaratoria del SSD e coerenti con gli obiettivi formativi del corso riguardano gli aspetti ingegneristici nella tutela degli equilibri degli ecosistemi e nella prevenzione dell'inquinamento chimico, fisico e biologico e includono studi sui processi per il trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi e per la depurazione e potabilizzazione delle acque. | | | |
| Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire allo studente: <ul style="list-style-type: none"> - le conoscenze di base sulle strategie di protezione e risanamento ambientale, con particolare riferimento a quelle di interesse per il comparto idrico; - informazioni relative alle componenti ambientali, alle sorgenti e agli effetti dei fenomeni di inquinamento e alle strategie di mitigazione; - i principali parametri chimici, fisici e biologici per la caratterizzazione delle acque destinate al consumo umano, delle acque potabili e delle acque reflue urbane; - i principi delle soluzioni tecniche e delle configurazioni impiantistiche per il trattamento di acque destinate al consumo umano e di acque reflue; - i principi della gestione dei rifiuti solidi, con particolare riguardo a quelli di origine urbana. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'insegnamento prevede un'unica prova di verifica del profitto, al termine del corso, e consiste in un colloquio orale. | | | |



| | | | |
|---|---|---|--|
| Insegnamento: INDUSTRIAL CHEMISTRY FROM RENEWABLE FEEDSTOCKS | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ICHI-02/B (ex ING-IND/27) | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: 2 | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Metodi per la definizione e la realizzazione dei processi chimici nella loro globalità, dalle materie prime ai prodotti finiti ed agli scarti di produzione, con l'obiettivo di fornire, anche mediante bilanci di materia e di energia, strumenti e criteri per la valutazione quantitativa dei processi, dal punto di vista sia economico sia delle implicazioni ambientali, della sicurezza e del controllo di qualità. Studio dei processi a partire dalle valutazioni degli aspetti termodinamici, cinetici e di trasporto che ne sono alla base. Le competenze specifiche del settore sono finalizzate all'ingegnerizzazione di nuovi processi catalizzatori e prodotti, oltre che al perfezionamento di quelli esistenti, con particolare riferimento alle reazioni chimiche ed ai problemi di sicurezza e di impatto ambientale coinvolti, nonché alla scelta ottimale dei catalizzatori e del reattore | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti nozioni avanzate e strumenti metodologici necessari per fornire una visione integrata dei principali processi organici industriali in particolare tra fondamenti chimici e principi ingegneristici per lo sfruttamento di fonti rinnovabili e non. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame si articola in una prova orale o discussione di un elaborato progettuale | | | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: Sustainable Process Design | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: ICHI-02/A (ex ING-IND/25) | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: 2 | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: <p>“La progettazione impiantistica comprende gli schemi quantificati del processo, la definizione delle apparecchiature costituenti il processo, la stesura delle relative specifiche, l'elaborazione di schemi funzionali comprendenti la strumentazione di protezione e controllo, l'analisi del rischio e della tutela ambientale, la valutazione dei costi”.</p> <p>“La progettazione funzionale e la scelta dei reattori e delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione; la visione globale dell'impianto e la capacità di ricomposizione dei diversi aspetti in un progetto ed in uno schema funzionale; la sicurezza e l'impatto ambientale degli impianti”.</p> | | | |
| Obiettivi formativi: <p>Lo scopo del corso è di fornire agli studenti conoscenze e competenze avanzate riguardanti: i) la progettazione di apparecchiature di frazionamento e purificazione, sia come unità singole che come unità complesse e, ii) il design e l'ottimizzazione di processi chimici. Il corso fornisce modelli fisico-matematici, metodi numerici e linee guida tecniche per la progettazione di apparecchiature e processi, modelli per l'ottimizzazione economica, e linee guida e metodi matematici per aumentare la sostenibilità di processi, anche tramite l'applicazione a casi studio selezionati.</p> | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: <p>La valutazione è basata sui risultati di elaborati progettuali di gruppo realizzati durante il corso, presentati sottoforma di report scritti, e di un elaborato progettuale di gruppo finale, anche esso presentato sottoforma di un report scritto e discusso durante un esame orale. Durante l'esame orale, gli studenti saranno interrogati per verificare le conoscenze acquisite in merito a specifici aspetti teorici trattati durante il corso.</p> | | | |



| | | | |
|---|--|---|--|
| Insegnamento: Regenerative Chemistry | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese | |
| SSD: CHEM-06/A (ex CHIM/07) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è orientato allo studio dei fondamenti chimici e chimico-fisici dei diversi settori delle tecnologie, con particolare riguardo a quelli che si riferiscono ai materiali, alle loro proprietà e alla loro interazione con l'ambiente, fornendo una sintesi dei principi comuni alle diverse fenomenologie e alle diverse categorie di sostanze. | | | |
| Obiettivi formativi: (i) Conoscenza dei principi della chimica verde e circolare (ii) Risorse rinnovabili per i processi chimici (iii) Competenze nell'identificazione e nell'implementazione di processi e prodotti ecocompatibili e ecosostenibili (rigenerativi) (iv) Strategie di valorizzazione di scarti: urban mining, prodotti organici e inorganici a fine vita, bioscarti. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova Orale e discussione di elaborato progettuale | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: ENERGETICA <i>FUNDAMENTALS OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES</i> | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: IIND-07/A (EX ING-IND/10) | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: I | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare copre, sul piano scientifico e sul piano didattico-formativo, gli aspetti fondamentali ed applicativi della termodinamica, della trasmissione del calore, dell'energetica, della termofluidodinamica. Più specificatamente, in esso sono incluse le competenze relative all'analisi termodinamica e termocinetica dei processi energetici e al loro impatto ambientale, ai principi della conversione sostenibile dell'energia e all'utilizzo dell'energia, anche da fonti rinnovabili, alla gestione dell'energia e alle tecniche di monitoraggio ed elaborazione di dati e modelli energetici, alla efficienza energetica, alla termoeconomia, alla transizione energetica. Studia, altresì, i fenomeni termofluidodinamici a tutte le scale, anche in sistemi multifase, in sistemi biologici e agroalimentari, le tecnologie per la refrigerazione, gli impianti termotecnici, i sistemi e i componenti di scambio termico e di accumulo dell'energia, la sicurezza antincendio, le proprietà termofisiche dei materiali, le misure e le regolazioni termofluidodinamiche. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso intende fornire agli allievi le conoscenze, le metodologie e le competenze specialistiche richieste per operare nel settore dell'uso razionale dell'energia e delle tecnologie per le fonti rinnovabili (energy management), con riferimento ad aspetti sia ingegneristici che normativi ed economico-finanziari. Lo studente deve acquisire conoscenze, capacità di comprensione e capacità di risolvere problemi di natura tecnica concernenti: i) l'analisi dei fabbisogni energetici di utenze civili e industriali; ii) la misura e l'analisi tecnico-economica delle prestazioni di sistemi energetici; iii) l'individuazione e l'analisi di tecnologie e soluzioni per l'efficienza energetica, per l'uso di fonti rinnovabili di energia e per la riduzione dell'impatto ambientale delle attività riconducibili all'uso dell'energia (con particolare riferimento al problema delle emissioni di gas serra). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Scritto e Orale. | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: SPERIMENTAZIONE E IMPATTO AMBIENTALE DELLE MACCHINE <i>MEASUREMENTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF MACHINERY</i> | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: IIND-06/B (EX ING-IND/09) | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: II | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare studia i sistemi destinati alla conversione dell'energia da fonti tradizionali (combustibili fossili ed energia nucleare) e rinnovabili (solare, eolica, idraulica e del mare, geotermica, da biomasse, da rifiuti solidi), la produzione e l'impiego di combustibili sostenibili alternativi, i sistemi motore, le centrali termiche, i sistemi frigoriferi e a pompa di calore, i sistemi e i processi di trasporto, di recupero e di accumulo dell'energia e il loro ruolo nelle smart grid, i componenti e i sistemi di trasmissione della potenza via fluido e i vari sistemi di conversione diretta della stessa. Le attività scientifiche e didattiche relative ai sistemi energetici e alle macchine che li compongono fanno riferimento alle problematiche termodinamiche, fluidodinamiche, tecnologiche, di sicurezza, di diagnostica e di controllo, ponendo particolare attenzione all'impatto ambientale e alle tecnologie rivolte al suo contenimento. Questi aspetti sono studiati anche in relazione alla pianificazione energetica a varie scale e alla sostenibilità dei processi, sistemi e componenti energetici nel loro ciclo di vita. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso fornisce le conoscenze fondamentali sulle principali applicazioni delle misure applicate alle macchine a fluido con particolare attenzione a quelle connesse con la valutazione per via sperimentale delle caratteristiche di funzionamento e di emissione in atmosfera; vengono fornite le basi per la realizzazione di un sistema di acquisizione dati. Inoltre, fornisce le conoscenze sulle problematiche del controllo dell'ambiente con riferimento alla qualità dell'aria. Vengono forniti gli strumenti per una corretta pianificazione dell'ambiente aria con riferimento alle emissioni delle macchine e dei sistemi per la produzione di energia. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Scritto / Orale | | | |



| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: TECNOLOGIE AVANZATE PER L'ENERGIA ADVANCED ENERGY TECHNOLOGIES | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: IIND-07/A (EX ING-IND/10) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: II | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare copre, sul piano scientifico e sul piano didattico-formativo, gli aspetti fondamentali ed applicativi della termodinamica, della trasmissione del calore, dell'energetica, della termofluidodinamica. Più specificatamente, in esso sono incluse le competenze relative all'analisi termodinamica e termocinetica dei processi energetici e al loro impatto ambientale, ai principi della conversione sostenibile dell'energia e all'utilizzo dell'energia, anche da fonti rinnovabili, alla gestione dell'energia e alle tecniche di monitoraggio ed elaborazione di dati e modelli energetici, alla efficienza energetica, alla termoeconomia, alla transizione energetica. Studia, altresì, i fenomeni termofluidodinamici a tutte le scale, anche in sistemi multifase, in sistemi biologici e agroalimentari, le tecnologie per la refrigerazione, gli impianti termotecnici, i sistemi e i componenti di scambio termico e di accumulo dell'energia, la sicurezza antincendio, le proprietà termofisiche dei materiali, le misure e le regolazioni termofluidodinamiche. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso, di basilare importanza per ingegneri che si occupano di efficienza energetica e di progettazione di impianti energetici innovativi, mira a sviluppare conoscenze sulle tecnologie avanzate per l'energia in un'ottica di sostenibilità economica ed ambientale. Si approfondiscono le conoscenze riguardanti le tecniche per il risparmio energetico la progettazione con fonti energetiche rinnovabili. Particolare attenzione è dedicata alla simulazione dinamica e all'ottimizzazione dei sistemi. L'allievo, al termine del percorso di apprendimento, sarà in grado di: 1. effettuare la scelta delle possibili tecnologie energetiche innovative in funzione della destinazione d'uso dei sistemi e dell'obiettivo da raggiungere in termini di efficienza energetica e convenienza economica degli impianti; 2. eseguire, anche mediante l'uso di specifici softwares di simulazione, l'analisi dinamica delle prestazioni energetiche, economiche e d'impatto ambientale dei sistemi; 3. effettuare la progettazione di massima dei sistemi anche attraverso l'ottimizzazione dei relativi principali parametri progettuali e d'esercizio con differenti funzioni obiettivo (massimo risparmio, minime emissioni climalteranti, minimo periodo di ritorno dell'investimento). | | | |
| Propedeuticità in ingresso: | | | |
| Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale ed elaborato progettuale | | | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Insegnamento: THERMO-MECHANICAL TECHNOLOGIES FOR ENERGY TRANSITION TECNOLOGIE TERMO-MECCANICHE PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: INGLESE | |
| SSD: IIND-06/B (EX ING-IND/09) - IIND-07/A (EX ING-IND/10) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: II | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare studia i sistemi destinati alla conversione dell'energia da fonti tradizionali (combustibili fossili ed energia nucleare) e rinnovabili (solare, eolica, idraulica e del mare, geotermica, da biomasse, da rifiuti solidi), la produzione e l'impiego di combustibili sostenibili alternativi, i sistemi motore, le centrali termiche, i sistemi frigoriferi e a pompa di calore, i sistemi e i processi di trasporto, di recupero e di accumulo dell'energia e il loro ruolo nelle smart grid, i componenti e i sistemi di trasmissione della potenza via fluido e i vari sistemi di conversione diretta della stessa. Le attività scientifiche e didattiche relative ai sistemi energetici e alle macchine che li compongono fanno riferimento alle problematiche termodinamiche, fluidodinamiche, tecnologiche, di sicurezza, di diagnostica e di controllo, ponendo particolare attenzione all'impatto ambientale e alle tecnologie rivolte al suo contenimento. Questi aspetti sono studiati anche in relazione alla pianificazione energetica a varie scale e alla sostenibilità dei processi, sistemi e componenti energetici nel loro ciclo di vita. | | | |
| Obiettivi formativi: Acquisire informazioni sul risparmio energetico e sulle tecnologie verdi per la conversione e la produzione di energia e analizzare la sostenibilità dei processi di base. Il miglioramento dell'efficienza energetica e lo sfruttamento affidabile delle fonti rinnovabili giocheranno un ruolo chiave nella transizione verso una società a zero emissioni di carbonio. Il corso offre una panoramica delle più avanzate tecnologie termomeccaniche che accompagnano la transizione energetica in atto, nei seguenti ambiti: riscaldamento e raffrescamento rinnovabile, recupero di calore e integrazione del calore nei processi industriali, sistemi di accumulo di energia termica e meccanica, poligenerazione e multienergia. sistemi, produzione, stoccaggio e utilizzo dell'idrogeno. Metodologie e criteri vengono valutati e discussi in dettaglio per qualificare tali sistemi dal punto di vista tecnico, economico e ambientale. La conseguente strategia di conversione energetica contribuirà a promuovere una transizione graduale verso un nuovo modello energetico che garantisca valore e resilienza a lungo termine. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: LABORATORIO DI OTTIMIZZAZIONE DI SISTEMI TERMODINAMICI LABORATORY OF THERMODYNAMIC SYSTEMS OPTIMIZATION | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: IIND-07/A (EX ING-IND/10) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare copre, sul piano scientifico e sul piano didattico-formativo, gli aspetti fondamentali ed applicativi della termodinamica, della trasmissione del calore, dell'energetica, della termofluidodinamica. Più specificatamente, in esso sono incluse le competenze relative all'analisi termodinamica e termocinetica dei processi energetici e al loro impatto ambientale, ai principi della conversione sostenibile dell'energia e all'utilizzo dell'energia, anche da fonti rinnovabili, alla gestione dell'energia e alle tecniche di monitoraggio ed elaborazione di dati e modelli energetici, alla efficienza energetica, alla termoeconomia, alla transizione energetica. Studia, altresì, i fenomeni termofluidodinamici a tutte le scale, anche in sistemi multifase, in sistemi biologici e agroalimentari, le tecnologie per la refrigerazione, gli impianti termotecnici, i sistemi e i componenti di scambio termico e di accumulo dell'energia, la sicurezza antincendio, le proprietà termofisiche dei materiali, le misure e le regolazioni termofluidodinamiche. | | | |
| Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso è fornire agli allievi conoscenze e competenze specifiche per l'ottimizzazione di sistemi termodinamici. Da un lato, lo studente acquisirà la conoscenza di strumenti: di fitting di dati (tecniche statistiche, reti neurali), di ottimizzazione (ricerca esaustiva, algoritmi genetici) e conoscenze per l'analisi critica dei risultati in processi di ottimizzazione multi-obiettivo (ad esempio: costi totali, coefficienti di prestazione di sistemi complessi su orizzonti temporali lunghi). A valle di una panoramica di modelli disponibili per la descrizione di singoli componenti e sistemi termodinamici (impianti per la "produzione" di energia termica, frigorifera o elettrica, sia da fonti tradizionali che rinnovabili), lo studente svolgerà un esercizio su un caso studio complesso, che soddisfa le richieste termiche, frigorifere ed elettriche di utenze multiple in scenari di utilizzo e di costi dell'energia specifica, al fine di applicare le tecniche di ottimizzazione al caso in esame. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale | | | |



| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: SISTEMI DI PROPULSIONE IBRIDI <i>HYBRID PROPULSION SYSTEMS</i> | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: IIND-06/A (ex ING-IND/08) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare si interessa delle attività scientifiche e didattiche nel campo delle Macchine a Fluido, studiandone le problematiche termodinamiche, fluidodinamiche, aeroacustiche, aeromeccaniche, energetiche, tecnologiche, ambientali e di sostenibilità, sia a livello del singolo componente sia a livello dei sistemi in cui esse sono inserite. Le competenze del settore coprono gli aspetti progettuali, di controllo, diagnostica, ottimizzazione, gestione, sperimentazione, collaudo ed impatto ambientale sia delle macchine a fluido motrici (quali ad esempio turbine, espansori di processo, motori a combustione interna, anche quando integrati in sistemi di propulsione ibrida, motori idraulici) ed operatrici (quali ad esempio ventilatori, compressori e pompe) sia degli apparati sede di reazioni chimiche (combustori, gassificatori, reattori, celle a combustibile, elettrolizzatori) o di scambio termico (evaporatori, condensatori, recuperatori). Il settore studia, altresì, l'inserimento di tali macchine ed apparati nei sistemi di generazione, conversione, accumulo e distribuzione di energia elettrica e termica ed in quelli propulsivi terrestri, marini, aerei e spaziali, nonché il loro impiego nelle industrie di processo e nei settori terziario e residenziale. | | | |
| Obiettivi formativi: Il Corso ha l'obiettivo di approfondire lo studio di sistemi di propulsione per autotrazione di ultima generazione, per una mobilità sostenibile dal punto di vista energetico ed ambientale. Con riferimento a sistemi propulsivi per la trazione veicolare urbana ed extraurbana, si approfondiranno in particolare le metodologie più recenti disponibili per la riduzione dei consumi e delle emissioni. Il Corso fornirà un approfondimento circa le architetture dei sistemi di propulsione, anche in relazione al relativo grado di ibridizzazione. Verrà descritto il principio di funzionamento di ciascun sottocomponente del sistema propulsivo (batteria, macchine elettriche, motore a combustione interna, fuel cell, cambio, etc.). Il corso metterà in luce le complesse interazioni tra i diversi sottosistemi che compongono un moderno sistema di propulsione, al fine di conseguire specifici obiettivi in termini di prestazioni e consumi di combustibile e/o energia elettrica. Si definiranno le linee guida per l'identificazione delle strategie di controllo dei flussi energetici in sistemi di propulsione ibrida (serie, parallelo e loro svariate combinazioni). Le nozioni teoriche circa il controllo e la gestione energetica del sistema propulsivo verrà sperimentato mediante l'utilizzo di codici di calcolo. Sono previsti seminari integrativi tenuti da personale di aziende leader nel settore, o di centri di ricerca. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: | | | |
| Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: SISTEMI ENERGETICI INNOVATIVI <i>INNOVATIVE ENERGY SYSTEMS</i> | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: ITALIANO | |
| SSD: IIND-06/A (ex ING-IND/08) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore scientifico disciplinare si interessa delle attività scientifiche e didattiche nel campo delle Macchine a Fluido, studiandone le problematiche termodinamiche, fluidodinamiche, aeroacustiche, aeromeccaniche, energetiche, tecnologiche, ambientali e di sostenibilità, sia a livello del singolo componente sia a livello dei sistemi in cui esse sono inserite. Le competenze del settore coprono gli aspetti progettuali, di controllo, diagnostica, ottimizzazione, gestione, sperimentazione, collaudo ed impatto ambientale sia delle macchine a fluido motrici (quali ad esempio turbine, espansori di processo, motori a combustione interna, anche quando integrati in sistemi di propulsione ibrida, motori idraulici) ed operatrici (quali ad esempio ventilatori, compressori e pompe) sia degli apparati sede di reazioni chimiche (combustori, gassificatori, reattori, celle a combustibile, elettrolizzatori) o di scambio termico (evaporatori, condensatori, recuperatori). Il settore studia, altresì, l'inserimento di tali macchine ed apparati nei sistemi di generazione, conversione, accumulo e distribuzione di energia elettrica e termica ed in quelli propulsivi terrestri, marini, aerei e spaziali, nonché il loro impiego nelle industrie di processo e nei settori terziario e residenziale. | | | |
| Obiettivi formativi: Il Corso ha l'obiettivo di approfondire lo studio degli impianti motori termici di ultima generazione ed impianti di energia rinnovabile a basso impatto ambientale. Si affronterà lo studio di sistemi per la produzione di energia elettrica e per la propulsione sia di tipo convenzionale sia in assetto ibrido. Con riferimento a sistemi di produzione di energia elettrica, si approfondiranno in particolare le metodologie più recenti disponibili per la riduzione dei consumi e delle emissioni inquinanti, nonché dell'anidrite carbonica. A tale scopo, si studieranno, oltre gli impianti termici tradizionali, impianti rinnovabili quali gli impianti solare termodinamico, impianti idroelettrici, impianti geotermici e sistemi di energy storage. Si studieranno le celle a combustibile con le possibili applicazioni e gli impianti ORC (Organic Rankine Cycle). Si affronterà lo studio di sistemi di combustione innovativi e si quantificherà il loro impatto sulla produzione di emissioni inquinanti. Sarà quindi affrontato lo studio di combustibili innovativi derivati da gassificazione di biomasse o carbone (impianti IGCC) e miscele con idrogeno. L'impianto termico sarà esaminato in assetto cogenerativo e integrato con campo solare e/o sistemi ORC. Sarà affrontato lo studio di cicli misti gas/vapore (STIG, RWI, HAT) e cicli combinati. Saranno fatti richiami al principio di funzionamento di motori a combustione interna, approfondendo lo studio del motore Diesel common rail alimentato con gasolio e in modalità dual fuel (gasolio-metano); il motore ad accensione comandata ad iniezione indiretta (PFI) e diretta (GDI). Particolare attenzione sarà rivolta alle emissioni inquinanti da m.c.i., ai metodi di abbattimento e a sistema di propulsione ibrida (HEV) per applicazioni su veicoli e aeromobili. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: | | | |
| Propedeuticità in uscita: | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale | | | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Smart and Electric Mobility | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ICAR/05; CER-03/B | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: I | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari riguardano i metodi e le tecniche per la simulazione della domanda di mobilità, dell'offerta di trasporto, dell'interazione domanda/offerta, degli impatti economici, territoriali, ambientali e dell'incidentalità; le tecnologie peculiari dei diversi modi di trasporto, della loro regolazione e del loro controllo; la progettazione funzionale delle componenti, degli impianti e dei sistemi di trasporto complessi. | | | |
| Obiettivi formativi: Obiettivo del corso è quello di fornire allo studente conoscenze e strumenti operativi per l'analisi, la progettazione funzionale e la valutazione degli impatti della mobilità elettrica e dei nuovi servizi di mobilità condivisa in ambito urbano. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame consiste nella discussione di un elaborato progettuale e in una prova orale. | | | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| Insegnamento: Impianti Idroelettrici | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ICAR/02; CER-01/B | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: I | Tipologia di Attività Formativa: B | | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari riguardano le conoscenze teoriche e sperimentali e le tecniche per la pianificazione degli interventi e per la progettazione, costruzione ed esercizio delle opere e degli impianti destinati all'utilizzazione della risorsa idraulica. | | | |
| Obiettivi formativi: Acquisire conoscenze specifiche nel settore dell'energia idraulica, considerando anche l'impatto ambientale degli impianti, con particolare riguardo ai seguenti settori: produzione di energia idroelettrica a grande scala; produzione di energia idroelettrica di piccola taglia (pico, micro, mini e small hydro); analisi di fattibilità tecnica – economica. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame consiste nella discussione di un elaborato progettuale e di una prova orale. | | | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Smart, Resilient and Sustainable City | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ICAR/20; CEAR-12/A | | CFU: 9 | |
| Anno di corso: II | Tipologia di Attività Formativa: B | | |

| |
|---|
| Modalità di svolgimento: <i>In presenza</i> |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari investono l'analisi e la valutazione dei sistemi urbani e territoriali, esaminati nel loro contesto ambientale e nel quadro dei rischi naturali ed antropici cui sono soggetti e delle variabili socioeconomiche dalle quali sono influenzati. |
| Obiettivi formativi: Obiettivo formativo dell'insegnamento è il trasferimento agli studenti di approcci, metodi, tecniche, strumenti, best e bad practices, orientati a conoscere il sistema urbano nella sua complessità e a governare le sue trasformazioni al fine di migliorarne i livelli di organizzazione, di incrementarne i livelli di resilienza, mitigarne gli impatti dei fenomeni naturali, tecnologici, sociali, economici, ecc.- che possono verificarsi e adattare i suoi spazi alle nuove necessità, in un'ottica di sostenibilità ambientale. |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame consiste nella discussione di un elaborato progettuale e in una prova orale. |

| | |
|--|--|
| Insegnamento: <i>Energia dai Rifiuti ed Economia Circolare - Waste to Energy and Circular Economy</i> | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: <i>Italiano e Inglese</i> |
| SSD: <i>ICAR03</i> | CFU: <i>9</i> |
| Anno di corso: <i>I</i> | Tipologia di Attività Formativa: <i>B</i> |
| Modalità di svolgimento: <i>In presenza</i> | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari investono aspetti ingegneristici prevenzione dell'inquinamento chimico, fisico e biologico. Si applicano alle tecnologie industriali pulite; alla progettazione, valutazione d'impatto, costruzione, gestione delle opere e degli impianti per il trattamento e smaltimento dei rifiuti solidi, alla reattoristica ed ai bioreattori. | |
| Obiettivi formativi: Fornire la conoscenza dei principi sui cui si basa l'economia circolare e le tecniche di valorizzazione energetica e/o materica dei rifiuti, unitamente alla conoscenza degli elementi necessari alla scelta, progettazione ed implementazione dei sistemi di trattamento dei rifiuti. | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova scritta, una prova orale, e la discussione di un elaborato progettuale | |

| | | |
|---|---|---|
| Insegnamento: Idraulica per l'Efficienza dei Sistemi Idrici | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: ICAR01 | | CFU: 9 |
| Anno di corso: I | Tipologia di Attività Formativa: B | |
| Modalità di svolgimento: In presenza | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari investono le conoscenze di base e gli aspetti ingegneristici applicativi relativi agli aspetti tecnico gestionali per un uso razionale delle risorse nei sistemi idrici, quali reti di condotte e canali, impianti di sollevamento, etc. | | |
| Obiettivi formativi: Acquisizione di conoscenze sui problemi dell'idraulica legati all'uso dell'energia nei sistemi idrici complessi: reti idriche in pressione, moto vario, macchine idrauliche, apparecchiature moderne di misura e controllo, collaudi prestazionali, metodi numerici impiegati nella progettazione e verifica delle reti. | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame prevede una prova orale e la discussione di un elaborato progettuale | | |

| | | |
|---|---|------------------|
| Insegnamento: Circular bioeconomy for ecological transition | | |
| SSD: ICAR/03 | | CFU: 6 |
| Anno di corso: II | Tipologia di Attività Formativa: 3 | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti scientifico-disciplinari investono aspetti ingegneristici nella tutela degli equilibri degli ecosistemi. Includono studi sui cicli biologici, sulle alterazioni ecologiche, sulla dispersione ed il decadimento degli inquinanti nei corpi solidi porosi, liquidi e aeriformi, sulla ecotossicologia, sull'impatto ed il rischio ambientale. | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire approfondimenti sulla bioeconomia circolare e sulle strategie di transizione ecologica per mitigare i cambiamenti climatici e fornire energia e cibo in modo sostenibile. Inoltre, il corso si propone di descrivere le principali fonti di gas serra e le principali implicazioni antropiche sui cicli biogeochimici naturali fondamentali del carbonio, dell'azoto e del fosforo. Verranno presentati i principali protocolli e direttive nazionali e internazionali in materia di greening e procedure di valutazione ambientale. Saranno illustrate le principali tecnologie innovative e bio-based per la conversione delle acque reflue in bioenergia e biocommodities ad alto valore e la valorizzazione dei prodotti side-stream (es. biochar e digestato) derivanti dal trattamento dei rifiuti solidi urbani. Infine, il corso si propone di presentare le tecnologie di cattura, utilizzo e stoccaggio del carbonio (CCUS) finalizzate alla produzione di materiali, energia e cibo sostenibili e rinnovabili. | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | |
| Propedeuticità in uscita: Nessuna | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: L'esame consiste nella discussione di un elaborato progettuale e in una prova orale | | |



| | | | |
|--|--|--------------------------------------|--|
| Course: Machine Learning and Big Data | | Teaching Language: English | |
| SSD: IINF-05/A (ING-INF/05) | | CREDITS: 9 | |
| Course year: I | Type of Educational Activity: C | | |
| Teaching Methods: in-person teaching | | | |
| Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Design, implementation, management and use of information processing systems, including aspects of databases, knowledge engineering and artificial intelligence. | | | |
| Objectives: The course aims to present the main machine learning techniques, covering all aspects, from data preparation to performance evaluation, through practical exercises with commercial and/or open-source tools. An introduction to Big Data and Data Analytics lifecycle is also provided, with reference to the design of large and complex databases and the process of modeling, acquiring, sharing, analyzing, and visualizing the information embedded into Big Data. | | | |
| Propaedeuticities: None | | | |
| Is a propaedeuticity for: Nothing | | | |
| Types of examinations and other tests: Oral tests and discussion of numerical exercises developed during the course. | | | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| Insegnamento: Sustainable Materials | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese | |
| SSD: IMAT-01 (ex ING-IND/22) | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: | Tipologia di Attività Formativa: | | |
| Modalità di svolgimento: in presenza | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: 1) Ambiente ed attività antropica: utilizzo di materie prime e fonti energetiche per la produzione di materiali, con particolare riferimento ai problemi di impatto ambientale connessi. 2) Sostenibilità ambientale dei materiali: valutazione dell'impatto delle attività di produzione, utilizzo e smaltimento dei materiali inorganici sull'ambiente, con particolare riferimento al problema dell'utilizzo di fonti energetiche non rinnovabili. Utilizzo di strumenti per l'implementazione dell'LCA (Life Cycle Assessment) di un materiale. 3) Materiali e ambiente: utilizzo di materiali in processi di Energy Harvesting, Energy Storage ed Environmental Protection. In aggiunta alla parte istituzionale, sono previsti seminari tenuti da esperti esterni su specifici argomenti inerenti le tematiche proposte. | | | |
| Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti informazioni avanzate sulla sostenibilità dei materiali e sulla valutazione dell'impatto ambientale. Verranno introdotti i principi di sostenibilità e sviluppo sostenibile, nonché la loro applicazione alle strategie di produzione e lavorazione dei materiali. Verrà esplorata la criticità delle risorse attualmente disponibili, nonché l'opportunità di riciclare i materiali. Infine, verranno presentati e studiati diversi metodi per la valutazione della sostenibilità, insieme a una serie di casi di studio. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame orale. | | | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: MATERIALI E TECNOLOGIE PER IL FOTOVOLTAICO | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/22 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: Lezioni, discussione di articoli scientifici ed esperienze in laboratorio. | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Lo studente acquisirà la conoscenza dei materiali utilizzati per la realizzazione di tecnologie fotovoltaiche, sia quelli più comunemente usati che quelli ancora in fase sperimentale. Lo studente svilupperà, inoltre, la comprensione dei meccanismi alla base del funzionamento delle diverse tecnologie fotovoltaiche. Infine, acquisirà una visione d'insieme delle principali procedure di fabbricazione attualmente utilizzate e di quelle potenzialmente utilizzabili nella pratica industriale. | | | |
| Obiettivi formativi: Introduzione alla produzione di energia solare da fotovoltaico. Principi di funzionamento di base del fotovoltaico. Materiali fotovoltaici tradizionali, incluso il silicio nelle sue varie forme e le diverse composizioni dei calcogeni. Materiali fotovoltaici organici, piccole molecole e polimeri, e ibridi organico-inorganico, con particolare enfasi sui recenti sviluppi legati alle peroschiti. Integrazione dei materiali nei dispositivi e nei moduli fotovoltaici. Caratterizzazioni e metodi di misura dei materiali e dei dispositivi fotovoltaici. Sviluppi futuri dei materiali e dei sistemi fotovoltaici. Il ruolo del fotovoltaico nel sistema energetico del futuro. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Discussione di elaborato progettuale e seminari intercorso. | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Insegnamento: INGEGNERIA DEI MATERIALI NANOFASICI PER L'ENERGETICA E LA SENSORISTICA | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/22 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I o II | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| Modalità di svolgimento: Lezioni, discussione di articoli scientifici ed esperienze in laboratorio. | | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Lo studente sarà in grado di identificare e di progettare i materiali nanofasici più adatti ad una particolare applicazione. Lo studente saprà autonomamente indentificare nuovi potenziali materiali nanofasici e possibili sviluppi tecnologici per migliorare il funzionamento applicativo. | | | |
| Obiettivi formativi: Lo studente acquisirà la conoscenza dei metodi utilizzati per ingegnerizzare le proprietà funzionali dei materiali nanofasici, sia quelli più comunemente usati che quelli ancora in fase sperimentale. Lo studente svilupperà, inoltre, la comprensione dei meccanismi alla base delle applicazioni di materiali nanofasici in diverse tecnologie optoelettroniche e biologiche. Infine, acquisirà una visione d'insieme delle principali procedure di fabbricazione attualmente utilizzate e di quelle potenzialmente utilizzabili nella pratica industriale. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Chimica e fisica. | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Lezioni, discussione di articoli scientifici ed esperienze in laboratorio. | | | |

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL PERCORSO**MINOR IN “INGEGNERIA FARMACEUTICA”****Regolamento in vigore a partire dall’a.a. 2024-2025****ACRONIMI**

| | |
|---------|--|
| CCD | Commissione di Coordinamento Didattico |
| CdS | Corso/i di Studio |
| CPDS | Commissione Paritetica Docenti-Studenti |
| OFA | Obblighi Formativi Aggiuntivi |
| SUA-CdS | Scheda Unica Annuale del Corso di Studio |
| RDA | Regolamento Didattico di Ateneo |
| PM | Percorso Minor |

INDICE

| | |
|---------|--|
| Art. 1 | Titolo |
| Art. 2 | Premessa |
| Art. 3 | Obiettivi Formativi del Minor |
| Art. 4 | Comitato di Coordinamento e Comitato di Indirizzo |
| Art. 5 | Ammissione al Minor |
| Art. 6 | Attività Formative |
| Art. 7 | Integrazione del Minor in Ingegneria Farmaceutica nei Corsi di Laurea Magistrale |
| Art. 8 | Contributi per l’accesso al Minor |
| Art. 9 | Durata degli studi |
| Art. 10 | Pubblicità ed entrata in vigore |

**Art. 1
Titolo**

Il presente Regolamento disciplina il Percorso Minor (PM) in “Ingegneria Farmaceutica”.

**Art. 2
Premessa**

L'industria farmaceutica è uno dei settori industriali in più rapida crescita, sia a livello nazionale che globale, con un fatturato calcolato in oltre 1.500 miliardi di dollari nel 2021 ed un tasso di crescita medio annuo del 5-8%. Gli anni della pandemia hanno restituito una rinnovata centralità all'industria farmaceutica ed un accresciuto livello di reputazione presso la popolazione. La pandemia ha infatti messo ulteriormente in evidenza l'efficienza, la capacità di ricerca scientifica e di produzione dell'industria farmaceutica, che hanno consentito un'estrema rapidità nella realizzazione dei vaccini anti Covid-19 e la capacità di rendere disponibili, entro breve tempo, una quantità enorme di dosi di prodotto, riuscendo allo stesso tempo a garantire la fornitura di tutti gli altri farmaci. Il rapporto *Evaluate Pharma* prevede una ulteriore crescita nel periodo 2023-2026 per

il settore farmaceutico, che offrirà sempre maggiori opportunità di carriera ai laureati Magistrali in Ingegneria Chimica ed in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche (CTF).

L'**Ingegneria Farmaceutica** è una nuova branca del sapere che unisce le competenze e conoscenze tipiche dell'ingegneria con quelle più strettamente legate al mondo del farmaco, proprie della farmacia industriale. Essa si propone quindi di integrare le conoscenze relative alla scoperta, alla formulazione ed alla produzione di farmaci, inclusi i processi analitici e di controllo della qualità che la accompagnano, nell'ambito della realtà industriale nella quale tali processi vengono realizzati.

I Progetti denominati *TRAVEL* e *SAFE AND SUSTAINABLE BY DESIGN*, grazie ai quali i Dipartimenti di Farmacia e di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale (DICMaPI), rispettivamente, sono stati ammessi al finanziamento per i Dipartimenti di Eccellenza 2023-2027, prevedono l'attivazione di percorsi didattici di frontiera nel panorama nazionale, con l'obiettivo avvicinare lo studente al mondo della ricerca accademica ed industriale nazionale ed internazionale. Il Dipartimento di Farmacia ed il DICMaPI hanno deciso di rispondere congiuntamente a questa sfida culturale utilizzando lo strumento del PM, ai sensi dell'Art. 3, comma 3, e dell'Art. 18, commi 1, 2 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 3

Obiettivi Formativi del Minor

Il PM in **Ingegneria Farmaceutica**, sviluppato in stretta collaborazione con l'industria, è un percorso tematico che arricchisce la formazione specialistica (*verticale*) con competenze interdisciplinari (*orizzontali*). L'obiettivo è quello di stimolare la capacità di operare all'interfaccia tra aree del sapere, fornire strumenti di apprendimento permanente per adattarsi alle continue evoluzioni tecnologiche nel settore, completando la formazione dei laureati magistrali in Ingegneria Chimica e in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche con un portafoglio di competenze orientate all'industria farmaceutica ed ai settori correlati. Sono oggetto di questa formazione, conoscenze avanzate sullo sviluppo farmaceutico e sulla produzione di medicinali, coniugando gli aspetti tecnologico-farmaceutici e normativi allo sviluppo dei processi e degli impianti, fino alla convalida e alla regolamentazione. Le conoscenze maturate in questo PM potranno in ogni caso risultare utili anche in altri settori (es. prodotti alimentari, detersivi, fertilizzanti).

Il PM in **Ingegneria Farmaceutica** costituisce una carriera distinta dal corso di studio, e può essere frequentato da studenti iscritti ad alcune Lauree Magistrali dell'Università degli Studi di Napoli Federico II o di altri Atenei, secondo i criteri di ammissione esplicitati nell'**Art. 5**. Inoltre, il PM può anche essere frequentato da professionisti già inseriti nel modo del lavoro che intendano ampliare il proprio spettro di competenze.

Art. 4

Comitato di Coordinamento e Comitato di Indirizzo

Il PM in Ingegneria Farmaceutica è associato al Corso di Laurea Magistrale (LM) in Ingegneria Chimica ed al Corso di Laurea Magistrale a Ciclo Unico (LMCU) in Chimica e Tecnologia Farmaceutiche (CTF), rispettivamente incardinati nel Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e delle Produzioni Industriali (DICMAPI) e nel Dipartimento di Farmacia.

Il PM in Ingegneria Farmaceutica è supportato da un Comitato di Coordinamento, costituito dai Coordinatori delle Commissioni Didattiche dei corsi di Laurea Magistrale in CTF ed in Ingegneria Chimica, o loro delegati, con le seguenti funzioni:

- a) Coordinare le attività formative.
- b) Sottoporre a verifica e revisione periodica il piano di studio del Minor.
- c) Sovrintendere alla organizzazione didattica generale dei Minor, in stretta connessione con i Dipartimenti promotori e le Commissioni di Coordinamento Didattico dei CdS a cui il Minor è associato;
- d) Coordinare le attività connesse all'assicurazione della qualità, attraverso processi di monitoraggio periodico e verifica del raggiungimento dei risultati, sottoponendo le proprie valutazioni ai Dipartimenti promotori ed alle Commissioni di Coordinamento Didattico dei CdS associati.

Il Comitato di Indirizzo del PM in Ingegneria Farmaceutica è costituito dai Coordinatori dei CdS in CTF ed Ingegneria Chimica e da rappresentanti di Aziende Farmaceutiche sostenitrici del progetto. Il Comitato di Indirizzo fornisce indicazioni generali e collabora all'organizzazione ed alla definizione delle attività formative sulla base delle esigenze del mondo produttivo.

Art. 5

Ammissione al Minor

Il PM in Ingegneria Farmaceutica ammette studenti appartenenti alle seguenti categorie:

- a) studenti del CdS LMCU in CTF (o altri CdS della classe di Laurea LM-13) dell'Ateneo Federico II;
- b) studenti del CdS LM in Ingegneria Chimica (classe di Laurea LM-22) dell'Ateneo Federico II;
- c) studenti iscritti al CdS LMCU in CTF (o altri CdS della classe di Laurea LM-13) o LM in Ingegneria Chimica di altri Atenei ovvero che siano già in possesso del titolo di Laurea Magistrale nelle classi di Laurea LM-13 o LM-22, conseguito in qualsiasi Ateneo.

I Dipartimenti proponenti del PM potranno stabilire un numero programmato di discenti. In tal caso, la selezione all'interno di ciascuno dei gruppi a), b) e c) sarà effettuata sulla base di criteri che saranno indicati nel bando di selezione. L'ammissione di studenti già laureati o iscritti presso altri Atenei è disposta previa verifica della compatibilità della carriera accademica pregressa con gli obiettivi formativi del PM.

Il Dipartimento e la Segreteria Studenti di riferimento per la presentazione delle domande e per tutte le questioni amministrative saranno indicati all'inizio di ogni anno accademico.

Art. 6

Attività formative

Il PM in **Ingegneria Farmaceutica** è un percorso formativo distinto dai Corsi di Studio, ma che gli studenti possono frequentare in parziale sovrapposizione con gli studi di Laurea Magistrale.

Il percorso formativo prevede **28 CFU**, suddivisi in 1 insegnamento da 4 CFU e 4 insegnamenti da 6 CFU, organizzati nel seguente modo:

- Attività formative di allineamento asimmetriche (4 CFU)

Queste attività formative hanno come obiettivo quello di "allineare" le conoscenze degli studenti e consentire di frequentare proficuamente i corsi successivi in maniera integrata. Si tratta di due corsi, da 4 CFU ciascuno, che devono essere seguiti all'inizio del PM:

- Elementi introduttivi di ingegneria chimica (SSD ING-IND/24, 4 CFU)

riservato agli studenti di CTF (o di lauree della classe LM-13).

- Classificazione dei medicinali, normativa farmaceutica e forme farmaceutiche (SSD CHIM/09, 4 CFU)
riservato a studenti della LM in Ingegneria Chimica.

Per entrambi sono previste modalità di valutazione senza voto, ovvero semplici idoneità.

- Attività formative simmetriche

Si tratta di 4 insegnamenti (da 6 CFU) obbligatori per tutti gli studenti del Minor:

- Good Manufacturing Practice (GMP) nell'industria farmaceutica (SSD CHIM/09, diviso in due moduli da 4 + 2 CFU)
- Ottimizzazione, sicurezza, ed eco-compatibilità dei processi farmaceutici (SSD CHIM/08, diviso in due moduli da 4 + 2 CFU)
- Analisi e Simulazione dei Processi Farmaceutici (diviso in due moduli, SSD ING-IND/26 da 4 CFU + SSD ING-IND/27 da 2 CFU)
- Ingegneria delle produzioni farmaceutiche (SSD ING-IND/25)

Il PM in **Ingegneria Farmaceutica** si consegue dopo aver acquisito 28 CFU di attività formative ed è attestato da una certificazione di Ateneo, anche mediante rilascio di Open Badge. Per gli studenti delle categorie a) e b) dell'articolo 5, l'Open Badge evidenzierà le attività extra-curricolari svolte.

Ai sensi dell'Art. 6, comma 5 del Regolamento Didattico di Ateneo, per ogni CFU, la quota di ore riservata alle attività per lo svolgimento dell'insegnamento è stabilita in relazione al tipo di attività formativa ed è riportata nelle Schede di insegnamento.

Le modalità di svolgimento, di erogazione e la lingua di erogazione delle attività formative sono coerenti con gli Ordinamenti e i Regolamenti Didattici di ciascuno dei due CdS che concorrono all'offerta formativa.

La verifica delle competenze e delle conoscenze acquisite viene effettuata attraverso un esame di profitto, secondo le modalità disciplinate dall'Art. 22 del Regolamento Didattico di Ateneo e specificate nelle schede di ciascun insegnamento. Il superamento dell'esame determina l'acquisizione dei corrispondenti CFU.

Le sole attività didattiche tradizionali potranno essere erogate in modalità sincrona nel caso di motivate richieste di frequenza a distanza.

Art. 7

Integrazione del PM in Ingegneria Farmaceutica nei Corsi di Laurea Magistrale

In linea con gli Ordinamenti e i Regolamenti Didattici dei Corsi di Studio a cui il Minor è associato (LMCU in CTF e LM in Ingegneria Chimica), gli insegnamenti inseriti nel percorso formativo Minor sono incardinati come TAF C o D secondo la seguente tabella:

| Nome dell'insegnamento | CdS (Dipartimento) associato al Minor in cui è incardinato | CFU | Tipologia di attività (TAF) |
|---|--|-----|-----------------------------|
| Elementi introduttivi di Ingegneria Chimica | CTF (Dip. Farmacia) | 4 | D |

| | | | |
|--|---------------------------------|-----------|---|
| Good Manufacturing Practice (GMP) nell'industria farmaceutica | CTF (Dip. Farmacia) | 6 (4+2) | C |
| Ottimizzazione, sicurezza, ed eco-compatibilità dei processi farmaceutici | CTF (Dip. Farmacia) | 6 (4 +2) | C |
| Classificazione dei medicinali, normativa farmaceutica e forme farmaceutiche | Ingegneria Chimica (DICMAPI) | 4 | D |
| Analisi e Simulazione dei Processi Farmaceutici | Ingegneria Chimica (DICMAPI) | 6 (4 + 2) | D |
| Ingegneria delle produzioni farmaceutiche | Ingegneria Chimica (DICMAPI) | 6 | D |

Gli studenti iscritti ad una Laurea Magistrale tra quelle selezionate per il Minor (si veda art. 5) possono integrare tale percorso nel proprio piano di studio come segue:

- a) fino ad un massimo di **18 CFU** del percorso Minor (corrispondenti a 3 insegnamenti) possono costituire attività formative curriculari;
- b) almeno **10 CFU** dovranno costituire crediti extra-curriculari (insegnamento di allineamento da 4 CFU + almeno 1 degli insegnamenti da 6 CFU).

All'atto dell'iscrizione, lo studente presenterà il piano degli studi, nel quale specificherà gli insegnamenti del percorso Minor che utilizzerà come curriculari e quelli extra-curriculari. Il piano di studio va approvato dalla competente CCD prima della ammissione al Minor dello studente.

Art. 8

Contributi per l'accesso al Minor

Gli Studenti iscritti ad un CdS dell'Ateneo ammessi al Minor accedono al percorso gratuitamente, ovvero, se previsto dal Consiglio di Amministrazione (CdA), versando all'Ateneo un contributo fissato annualmente dallo stesso CdA. Tutti gli altri studenti che accedono al Minor versano all'Ateneo un contributo fissato dal CdA.

Art. 9

Durata degli studi

Gli studenti iscritti al corso di Laurea Magistrale a Ciclo Unico in CTF (o LM/13) o al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica possono acquisire i crediti extracurriculari nell'ambito della durata della laurea magistrale ovvero al massimo entro un anno dal conseguimento del titolo.

Gli studenti già laureati possono conseguire il titolo entro due anni dall'iscrizione al corso Minor.

Se previsto nel Regolamento Didattico dei Corsi di Laurea Magistrale, gli studenti che frequentano il Minor possono chiedere, all'inizio di ogni anno successivo al primo, di stipulare un contratto che consenta di seguire gli studi in tempi più lunghi di quelli normali. La qualità di studente a contratto deve essere annotata nella carriera personale dello studente.

Art. 10

Pubblicità ed entrata in vigore

Il regolamento del Minor è pubblicato sui siti dei CdS coinvolti con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività formative.

MINOR IN "INGEGNERIA FARMACEUTICA"

SCHEDINE DELLE ATTIVITA' FORMATIVE

| | | | |
|---|---|--|--|
| Insegnamento: Elementi Introduttivi di Ingegneria Chimica | | Lingua di erogazione dell'insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/24 | | CFU: 4 | |
| Anno di corso: IV-V (LM13) | Tipologia di Attività Formativa: D | | |
| <p>Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: "Basic Process Design, ovvero lo sviluppo delle metodologie e delle tecnologie dell'industria di processo (... , farmaceutica, ...), sulla base dei fenomeni fisici, chimici e biologici che caratterizzano le specifiche trasformazioni. Lo studio è affrontato in un'ottica di sistema, utilizzando gli strumenti della termodinamica, della cinetica chimica, dei fenomeni di trasporto, per analizzare i singoli stadi dei processi e delle apparecchiature e ricomporli in una visione unitaria, funzionale all'individuazione ed alla quantificazione di interventi operativi e progettuali".</p> | | | |
| <p>Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di formare gli studenti su:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bilanci macroscopici di materia applicati a sistemi reagenti e ad apparecchiature continue o discontinue di interesse nell'industria farmaceutica. • Progetto di semplici apparecchiature di processo: equazioni di bilancio e costitutive; condizioni di equilibrio termodinamico; equazioni cinetiche e di trasporto. • Reattori e delle apparecchiature per operazioni unitarie ricorrenti nell'industria farmaceutica (descrizione e cenni agli aspetti progettuali). • Apparecchiature basate sullo stadio di equilibrio e apparecchiature basate sulla velocità di trasferimento. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: nessuna | | | |
| <p>Propedeuticità in uscita (solo per studenti LM/13):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisi e Simulazione dei Processi Farmaceutici • Ingegneria delle produzioni farmaceutiche | | | |
| Rapporto ore/CFU riservato allo svolgimento dell'insegnamento: 8 | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale | | | |

| | |
|--|--|
| <p>Insegnamento: Analisi e Simulazione dei Processi Farmaceutici <i>Modulo 1:</i> Modellazione e Simulazione dei processi Farmaceutici <i>Modulo 2:</i> Fondamenti di analisi del rischio nei processi farmaceutici</p> | <p>Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano</p> |
| <p>SSD: ING-IND/26 (<i>Modulo 1</i>), ING-IND/27 (<i>Modulo 2</i>)</p> | |
| <p>Anno di corso: I-II (LM22), IV-V (LM13)</p> | <p>Tipologia di Attività Formativa: D</p> |
| <p>Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: <i>Modulo 1:</i> "... modellistica, ... e .. simulazione anche con metodi numerici di sistemi dell'industria di processo; metodi di ottimizzazione (di progetto e conduzione) di apparecchiature e processi; metodi statistici e probabilistici per l'industria di processo; metodologie per l'analisi statistica di dati e la programmazione della sperimentazione in scala di laboratorio, in scala pilota ed in scala industriale; metodologie di scale-up; modelli matematici per lo sviluppo di processi; metodologie per lo studio della dinamica, e per l'analisi e sintesi dei sistemi di controllo di processi anche in relazione alla sicurezza. ... caratterizzazione ed ... sviluppo di processi con attenzione agli aspetti energetici, economici e di interazione con l'ambiente per le industrie ... farmaceutiche e per la produzione e trasformazione dei materiali". <i>Modulo 2:</i> "Il settore studia i metodi per ... la realizzazione dei processi chimici ... con l'obiettivo di fornire, anche mediante bilanci di materia e di energia, strumenti e criteri per la valutazione quantitativa dei processi, dal punto di vista sia economico sia delle implicazioni ambientali, della sicurezza e del controllo di qualità. ... ingegnerizzazione di nuovi processi (compresi quelli biologici), catalizzatori e prodotti, ... con particolare riferimento alle reazioni chimiche, alle operazioni di separazione e purificazione ed ai problemi di sicurezza</p> | |
| <p>Obiettivi formativi: (Saper fare) <i>(Modulo 1)</i> Modellazione e simulazione di processi a parametri concentrati, in condizioni stazionarie e transitorie e della dinamica dei processi farmaceutici. Analisi di sensitività parametrica. Progettazione di strategie di controllo di processo per la sicurezza e garanzia di qualità; modellazione matematica per i reattori continui; caratterizzazione simulativa; microfluidica per reattori e lab-on-chip; introduzione alla modellazione e simulazione dei processi di mixing e loro scale-up. <i>(Modulo 2)</i> Infiammabilità/esplosività di polveri combustibili. Analisi delle conseguenze nei processi farmaceutici. Design di sistemi di protezione e mitigazione di eventi accidentali nei reattori farmaceutici.</p> | |
| <p>Propedeuticità in ingresso (solo per studenti LM13):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementi Introduttivi di Ingegneria Chimica | |
| <p>Propedeuticità in uscita: nessuna</p> | |
| <p>Rapporto ore/CFU riservato allo svolgimento dell'insegnamento: modulo 1 = 8; modulo 2 = 8</p> | |
| <p>Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale</p> | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| Insegnamento: Ingegneria delle produzioni farmaceutiche | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: ING-IND/25 | | CFU: 6 | |
| Anno di corso: I-II (LM22), IV-V (LM13) | | Tipologia di Attività Formativa: D | |
| <p>Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: "... realizzazione di impianti industriali basati su trasformazioni chimico-fisiche della materia finalizzate alla produzione di beni, ... progettazione ... e scelta dei reattori e delle apparecchiature per operazioni unitarie e per specifiche applicazioni di scambio e di separazione; ... I comparti di riferimento sono quelli relativi alle tecnologie chimiche, biochimiche, farmaceutiche, ... nonché della salvaguardia ambientale.</p> | | | |
| <p>Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di formare gli studenti su:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tecnologie e gli impianti ad uso farmaceutico, sulle tecnologie di separazione nell'industria farmaceutica: tecniche di filtrazione (microfiltrazione, nanofiltrazione, ultrafiltrazione, osmosi inversa); • tecniche di separazione con centrifughe; tecnologie estrattive (sistemi liquido-solido, sistemi liquido-liquido, estrazione acquosa); • sistemi di purificazione ad alta risoluzione (separazione per affinità, cromatografia). Sistemi reattoristici avanzati (single-use reactor, single-use continuous, single-use hybrid) e strategie di esercizio (batch, fed-batch, continuo). • Continuous bioprocessing technologies. • Criteri di scale-up (dalla beuta a fermentatori di scala industriale) e di scale-down dei processi. • Soluzioni impiantistiche e/o organizzative atte a garantire la sterilità, evitare la cross contamination, il mix up di sostanze e prodotti, la gestione del sistema acqua. | | | |
| <p>Propedeuticità in ingresso (solo per studenti LM13):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementi Introduttivi di Ingegneria Chimica | | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | | |
| Rapporto ore/CFU riservato allo svolgimento dell'insegnamento: 8 | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale | | | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| Insegnamento: Classificazione dei medicinali, normativa farmaceutica e forme farmaceutiche | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano | |
| SSD: CHIM/09 | | CFU: 4 | |
| Anno di corso: I-II (LM22) | Tipologia di Attività Formativa: D | | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: "Studio della formulazione, preparazione e controllo, a livello industriale e galenico, dei medicinali di origine naturale, sintetica e biotecnologica, dei prodotti cosmetici e dei prodotti a valenza salutistica. Studio degli aspetti chimico-tecnologici connessi alle industrie del settore e le norme legislative inerenti produzione, commercio e utilizzazione dei medicinali, dei prodotti cosmetici e dei prodotti salutistici ...". | | | |
| Obiettivi formativi: <ul style="list-style-type: none"> • Normativa nazionale, europea ed internazionale del farmaco, con specifico riferimento all'autorizzazione di un sito produttivo ed alla registrazione dei medicinali. • Classificazione dei medicinali: Farmaci naturali ed estratti, farmaci sintetici, farmaci di origine fermentativa, farmaci biotecnologici. • Definizione di API e di forma farmaceutica secondaria • Formulazione farmaceutica: principali forme farmaceutiche. Introduzione al delivery farmaceutico. Cenni sulle barriere biologiche al drug delivery. Proprietà fisico-chimiche delle sostanze farmaceutiche e degli eccipienti. Progettazione della formulazione di sistemi di somministrazione di farmaci liquidi per via orale, rettale e topica. Tamponi, antiossidanti, tensioattivi e altri eccipienti farmaceutici rilevanti. | | | |
| Propedeuticità in ingresso: Nessuna | | | |
| Propedeuticità in uscita (solo per studenti LM22): <ul style="list-style-type: none"> • Good Manufacturing Practice (GMP) nell'industria farmaceutica • Ottimizzazione, sicurezza, ed eco-compatibilità dei processi farmaceutici | | | |
| Rapporto ore/CFU riservato allo svolgimento dell'insegnamento: 8 | | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale | | | |

| | | |
|--|---|--|
| Insegnamento: Good Manufacturing Practice (GMP) nell'industria farmaceutica <i>Modulo 1:</i> Regolamentazione e documentazione GMP <i>Modulo 2:</i> Applicazione delle GMP nell'industria farmaceutica | | Lingua di erogazione dell'insegnamento: Italiano |
| SSD: CHIM/09 | | CFU: 4 (<i>Modulo 1</i>) + 2 (<i>Modulo 2</i>) |
| Anno di corso: I-II (LM22), IV-V (LM13) | Tipologia di Attività Formativa: C (LM/13) D (LM/22) | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: all'attività scientifica e didattico - formativa nel campo della formulazione, preparazione e controllo, a livello industriale e galenico-magistrale, dei medicinali contenenti principi attivi di origine naturale, sintetica e biotecnologica, dei dispositivi medici, dei prodotti cosmetici e dei prodotti a valenza salutistica. Sviluppa ricerche relative alle forme di dosaggio convenzionali ed innovative ed ai relativi materiali utilizzati. Studia inoltre gli aspetti tecnologici connessi alla produzione industriale del settore e valuta la stabilità e sicurezza dei prodotti." | | |
| Obiettivi formativi: <u>Modulo 1:</u> Tecniche analitiche utilizzate a livello industriale Packaging aziendale Regolamenti GMP Europei ed Americani (91/412/EEC, 2003/94/EC, 21 CFR Parts 210 & 211) Strumenti di valutazione della qualità e della sicurezza delle specialità medicinali (Quality by Design, Project Quality System, Quality Risk Management). Ottimizzazione nella produzione farmaceutica: Quality by Design (QbD), la sua origine nel metodo Taguchi e la minimizzazione delle perdite di variabilità e non conformità. Concetti e principi di sistemi di qualità farmaceutica: Approcci statistici Lean Six Sigma, Project management e gestione delle modifiche, delle deviazioni e delle non conformità. Documentazione e digitalizzazione: la distribuzione, la supply-chain e la tracciabilità dei medicinali. Taratura, Qualifica, Manutenzione delle attrezzature ed impianti Convalida di processi e Technology Transfer <u>Modulo 2:</u> Applicazione pratica a livello industriale dei concetti di GMP. Analisi di casi di studio ed esperienze di <i>problem solving</i> . | | |
| Propedeuticità in ingresso: Classificazione dei medicinali, normativa farmaceutica e forme farmaceutiche (per studenti LM22) | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | |
| Rapporto ore/CFU riservato allo svolgimento dell'insegnamento: modulo 1 = 8; modulo 2 = 10. | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale | | |

| | | |
|---|---|--|
| Insegnamento: Ottimizzazione, sicurezza, ed eco-compatibilità dei processi farmaceutici <i>Modulo 1:</i> Principi di sicurezza ed eco-compatibilità dei processi farmaceutici <i>Modulo 2:</i> Applicazione dei concetti di sicurezza ed eco-compatibilità nell'industria | | Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Italiano |
| SSD: CHIM/08 | | CFU: 4 (<i>Modulo 1</i>) + 2 (<i>Modulo 2</i>) |
| Anno di corso: I-II (LM22), IV-V (LM13) | Tipologia di Attività Formativa: C (LM/13) D (LM/22) | |
| Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: sviluppa la progettazione, il disegno molecolare, la sintesi e lo studio delle relazioni tra struttura chimica ed attività biologica...", "tecniche di preparazione estrattive e sintetiche dei farmaci, radiofarmaci, gli aspetti chimico-tecnologici connessi alla produzione industriale.."; "sviluppa i temi di ricerca che approfondiscono le conoscenze di base necessarie per la progettazione di processi industriali che utilizzano microrganismi, colture cellulari, enzimi immobilizzati. Include, inoltre, il controllo e la validazione dei processi fermentativi e dei prodotti ottenuti, con riferimento ai processi biotecnologici in uso nell'industria farmaceutica, chimica, alimentare e nel risanamento ambientale..." | | |
| Obiettivi formativi: <u>Modulo 1:</u> Principi del Lean Manufacturing Tecnica Kaizen per l'organizzazione del lavoro Principi di sicurezza dei processi chimici: identificazione dei pericoli; analisi del pericolo HAZOP; valutazione del rischio; sicurezza del personale; movimentazione e stoccaggio di liquidi e gas; cause della perdita di contenimento; formazione e dispersione di nubi di vapore; incendi, esplosioni e rilasci tossici. Produzione farmaceutica asettica: sterilizzazione e disinfezione (termica e non termica), liofilizzazione, architettura e layout della struttura, classificazione dell'aria, ventilazione, condizionamento dell'aria e filtrazione HEPA, acqua, finiture superficiali, pressione, tecnologia di isolamento delle barriere, personale, abbigliamento, design considerazioni nel resto della struttura, quadro normativo e problematiche. Principi di sintesi farmaceutica eco-compatibile: dal laboratorio all'azienda. Sostituzione dei reagenti dannosi; Impiego di solventi più sicuri; Impiego di catalizzatori eco-friendly. Esempi di riduzione del rischio in ambito chimico-farmaceutico. Flow-chemistry; Reazioni allo stato solido. <u>Modulo 2:</u> Applicazione pratica a livello industriale dei concetti di sicurezza ed eco-compatibilità. Analisi di casi di studio ed esperienze di <i>problem solving</i> . | | |
| Propedeuticità in ingresso: Classificazione dei medicinali, normativa farmaceutica e forme farmaceutiche (per studenti LM22) | | |
| Propedeuticità in uscita: nessuna | | |
| Rapporto ore/CFU riservato allo svolgimento dell'insegnamento: modulo 1 = 8; modulo 2 = 10. | | |
| Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale | | |

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL PERCORSO MINOR IN APPLIED MACHINE LEARNING

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-25

ACRONIMI

| | |
|-----------|--|
| AF | Attività Formative |
| CCD | Commissione di Coordinamento Didattico |
| CdS/CCdSS | Corso/i di Studio |
| L | Laurea |
| LM | Laurea Magistrale |
| PM | Percorso Minor |
| RDA | Regolamento Didattico di Ateneo |

INDICE

| | |
|---------|---|
| Art. 1 | Oggetto |
| Art. 2 | Conoscenze e competenze del Percorso Minor |
| Art. 3 | Requisiti per l'ammissione al PM per gli studenti iscritti a un CdS di Ateneo |
| Art. 4 | Requisiti per l'ammissione al PM per gli studenti laureati o di altri Atenei |
| Art. 5 | Modalità per l'accesso al Percorso Minor e personale preparazione |
| Art. 6 | Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari |
| Art. 7 | Modalità di erogazione delle attività didattiche |
| Art. 8 | Periodo di svolgimento e conclusione del Percorso Minor |
| Art. 9 | Propedeuticità e conoscenze pregresse |
| Art. 10 | Calendario didattico del Percorso Minor |
| Art. 11 | Tasse e contributi per l'accesso al Percorso Minor |
| Art. 12 | Pubblicità ed entrata in vigore |

Art. 1 Oggetto

1. Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Percorso Minor (PM) in Applied Machine Learning (ai sensi dell'Art. 3, comma 3, e dell'Art. 18, commi 1, 2 del RDA).
2. Il Percorso Minor in Applied Machine Learning è proposto dai seguenti Dipartimenti nell'ambito dei Corsi di Studio di seguito indicati:

| DIPARTIMENTI PROPONENTI | |
|--|--|
| DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, DEI MATERIALI E DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE | CdS in Industrial Bio-Engineering LM-21 |
| | CdS in Ingegneria Chimica LM-22 |
| DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA E DELLE TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE | CdS in Informatica LM-18 |
| | CdS in Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei Media Digitali LM-27 |
| | CdS in Ingegneria Informatica LM-32 |
| DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE | CdS in Ingegneria Meccanica per la Progettazione e la Produzione LM-33 |
| DIPARTIMENTO DI DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE | CdS in Transportation Engineering and Mobility LM-23 |
| DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE | CdS in Scienze chimiche LM-54 |

3. Il PM in Applied Machine Learning è supportato da un Comitato di Coordinamento, nel seguito indicato come "Comitato", costituito dai Coordinatori dei Corsi di Studio proponenti o loro delegati.
4. Il Comitato svolge le seguenti funzioni:
 - coordina le attività formative;
 - verifica e assume le decisioni circa gli studenti del PM (verifica delle domande di iscrizione, ammissione o decadenza dal PM, assegnazione dei piani formativi);
 - sovrintende alla organizzazione didattica generale del PM, in stretta connessione con i Dipartimenti e le CCD dei CdS a cui il PM è associato;
 - esplica il monitoraggio periodico e la verifica dei risultati, sottoponendo le proprie valutazioni ai Dipartimenti e alle CCD dei CdS a cui il PM è associato, ai fini dell'assicurazione della qualità dei CdS.
5. I membri del Comitato indicano tra i suoi membri un Coordinatore del Comitato, nel seguito indicato come "Coordinatore del PM". Il Coordinatore del PM ha la responsabilità del funzionamento del Comitato e ne convoca le riunioni.
6. La gestione amministrativa del PM è affidata al Dipartimento di afferenza del Coordinatore del PM.
7. La Tabella delle Attività formative del PM è allegata al presente Regolamento.

Art. 2 Conoscenze e competenze del Percorso Minor

Due innovazioni stanno radicalmente rivoluzionando gli approcci e i programmi di Ricerca e Sviluppo sia in ambito industriale che nel mondo della ricerca. Da una parte è sempre più frequente l'utilizzo di strumentazioni in grado di generare grandi quantità di dati, come per esempio la cosiddetta High Throughput Experimentation nell'ambito della chimica e della scienza dei materiali o la raccolta di dati ad alta frequenza grazie a sensori di ultima generazione nell'industria di processo o anche nell'ingegneria civile. Dall'altra, l'imporsi degli strumenti e dei metodi dell'Intelligenza Artificiale, con tecniche come il Machine Learning o il Deep Learning, rende possibile lo sviluppo di una modellazione statistica predittiva proprio a partire da grandi basi di dati.

I metodi di Machine Learning sono sempre più utilizzati nelle applicazioni chimiche e ingegneristiche per ridurre tempo e costi di sviluppo, e migliorare produttività, efficienza e qualità. Ad esempio:

- la manutenzione predittiva utilizza algoritmi di apprendimento automatico per prevedere quando è probabile che una macchina, un manufatto, un'opera o un servizio complesso si guasti, da una parte riducendo i tempi di inattività non programmati ed i costi di manutenzione, dall'altra aumentando la longevità delle apparecchiature e dei servizi;
- il controllo qualità con strumenti di visione artificiale per rilevare difetti e anomalie nelle linee di produzione permette interventi tempestivi e miglioramenti nel processo di produzione;
- gli algoritmi di apprendimento automatico sono utilizzati nell'ottimizzazione dei processi, analizzando i dati provenienti da sensori per identificare modelli e apportare modifiche in linea, ma sono anche di ausilio nella osservazione e nell'automazione della mobilità;
- l'High Throughput Experimentation permette esperimenti massivi – paralleli o seriali – in grado di fornire grandi insiemi di dati sperimentali, che sono poi analizzati con strumenti di intelligenza artificiale per pervenire ad un rapido processo di selezione delle condizioni di processo ottimali.

Gli sviluppi nell'ampio campo della data science hanno generato metodologie basate sull'intelligenza artificiale di grande interesse negli ambiti dell'ingegneria e delle scienze applicate. La reale implementabilità di queste metodologie in questi domini applicativi è resa possibile dalla loro ibridazione con le basi modellistiche informate dagli aspetti chimico-fisico/meccanici specifici. Questi nuovi approcci metodologici promettono una vera rivoluzione tecnologica, e richiedono che nuove generazioni di ingegneri, scienziati e tecnologi siano formate con competenze e mentalità multidisciplinari che forniscano un'interfaccia strutturale tra le metodologie basate sull'intelligenza artificiale ed i domini applicativi industriali e civili. In questa ottica, i Minor si stanno affermando - nel quadro dei più moderni indirizzi della formazione universitaria a livello internazionale - come percorsi flessibili di approfondimento tematico a carattere interdisciplinare per integrare la formazione professionale, per dare spazio a interessi specifici o per rendere le competenze più appetibili nel mondo del lavoro.

Il Minor Applied Machine Learning, sviluppato in stretta collaborazione con l'industria, è un percorso tematico interdisciplinare che intende formare gli studenti fornendo loro competenze di base e avanzate sullo utilizzo degli approcci tipici dell'intelligenza artificiale negli ambiti specifici dei domini applicativi.

Il Minor Applied Machine Learning si rivolge agli studenti dei Corsi di Laurea Magistrale che vogliono dare una specifica curvatura al proprio percorso di studi, ed anche a professionisti già inseriti nel modo del lavoro che intendano allargare il proprio spettro di competenze sui temi delle tecnologie dell'intelligenza artificiale nel quadro di processi di formazione permanente per la qualificazione/riqualificazione professionale.

Il Minor Applied Machine Learning intende completare la formazione di una figura professionale con solide conoscenze riferite all'utilizzo di metodologie basate sull'Intelligenza Artificiale negli ambiti della chimica e dell'ingegneria, in grado di intervenire qualificatamente a supporto della implementazione di soluzioni efficaci, sicure, e sostenibili attraverso l'impiego delle più avanzate metodologie di analisi e tecnologie abilitanti.

Art. 3

Requisiti di ammissione per l'accesso al PM per gli studenti iscritti a un CdS di Ateneo

1. Possono iscriversi al Minor gli studenti iscritti ai CCdSS elencati nella Tabella all'Art. 1, comma 2, in parziale sovrapposizione con gli studi della Laurea Magistrale alla quale sono iscritti.

Art. 4

Requisiti di ammissione per l'accesso al PM per studenti laureati o di altri Atenei

1. Possono altresì accedere al Minor gli studenti iscritti ad altri Atenei a CdS nelle medesime classi di laurea dei CdS associati al Minor (di cui all'art. 1 comma 2) e studenti già laureati nelle classi di Laurea dei CdS associati al Minor (di cui all'art.1 comma 2) o di ordinamenti equivalenti quali ex D.M. 509/1999, o ancora in possesso di titoli di studio acquisiti all'estero e riconosciuti equivalenti ai fini dell'ammissione dal Comitato di Coordinamento.
2. L'ammissione di studenti già laureati o iscritti presso altri Atenei è disposta previa verifica della compatibilità della carriera accademica pregressa con gli obiettivi formativi del PM.

Art. 5

Modalità per l'accesso al Percorso Minor e personale preparazione

1. In aggiunta a quanto specificato agli artt. 3 e 4, l'accesso al Minor prevede inoltre il rispetto di specifici criteri volti a valutare l'adeguatezza della personale preparazione dello studente.
2. Per gli studenti iscritti ai CCdSS elencati nella Tabella all'Art. 1, comma 2, e per gli studenti iscritti ad altri Atenei in CdS delle medesime classi di laurea dei CdS associati al Minor, la verifica del possesso dei requisiti relativi alla personale preparazione dello studente sarà effettuata dal Comitato sulla base della media M delle votazioni (in trentesimi) conseguite negli esami di profitto per il conseguimento del titolo di Laurea, pesate sulla base delle relative consistenze in CFU. Il criterio per la automatica ammissione dello studente ai Corsi di Laurea Magistrale è $M \geq 24$.
In presenza di richieste di iscrizione al Minor da parte di studenti in difetto dei criteri per la automatica ammissione, il Comitato potrà esaminare il curriculum seguito dall'interessato per valutarne l'ammissione.
3. Per gli studenti che accedono al Minor come laureati, il Comitato procede alla verifica del possesso dei requisiti per l'accesso al PM sulla base del voto di laurea magistrale e/o del curriculum vitae e ne valuta l'ammissione.

Art. 6

Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari

1. Le attività formative previste dal PM corrispondono a 27 CFU. Tali attività possono essere riconosciute all'interno della carriera di studenti iscritti ad un CdS dell'Ateneo; in ogni caso almeno 6 CFU devono essere riservati ad attività extracurricolari aggiuntive rispetto ai CFU del piano statutario per il conseguimento del titolo di studio (ai sensi dell'Art. 18, c. 1, del RDA).
2. Gli studenti iscritti ad una LM tra quelle elencate nella Tabella all'Art. 1, comma 2, all'atto di presentazione della istanza di iscrizione al Minor, presentano contestualmente un piano di studio per il CdS cui sono iscritti coerente con il percorso del Minor, anche al fine della verifica del criterio circa i crediti di natura extra-curricolare. Il piano di studio va approvato dalla competente CCD prima della ammissione al Minor dello studente e si intende attivo all'atto della ammissione al Minor.
3. Le ore di didattica assistita per ogni CFU sono stabilite in relazione al tipo di attività formativa ai sensi dell'Art. 6, c. 5 del RDA.
4. Le attività sono suddivise in 4 insegnamenti ed attività formative per la promozione delle competenze trasversali, organizzate in tre gruppi: Corsi di allineamento riportati nella Tabella A che forniscono le conoscenze di base sulle tecnologie di Machine Learning, Corsi applicativi

riportati nella Tabella B che presentano l'implementazione delle tecnologie di Machine Learning in specifici domini applicativi, attività formative per la promozione delle competenze trasversali quali seminari, Soft Skills, Tirocini presso Istituzioni pubbliche o private qualificate.

| Tabella A | | | |
|--|--|------------|-----|
| Corso di Studi | Attività formative selezionabili | SSD | CFU |
| CdS in Informatica LM-18 | Advanced Databases – Modulo: NoSql | INF/01 | 6 |
| | Machine Learning – Modulo: Neural Networks and Deep Learning | INF/01 | 6 |
| | Methods for Artificial Intelligence | INF/01 | 6 |
| CdS in Ingegneria delle Telecomunicazioni e dei Media Digitali LM-27 | Elaborazione di Segnali Multimediali | ING-INF/03 | 9 |
| | Image Processing for Computer Vision | ING-INF/03 | 6 |
| CdS in Ingegneria Informatica – L8 | Basi di Dati | ING-INF/05 | 9 |
| | Advanced Computer Programming | ING-INF/05 | 9 |
| | Elementi di Intelligenza Artificiale | ING-INF/05 | 6 |
| CdS in Ingegneria Informatica LM-32 | Cognitive Computing Systems | ING-INF/05 | 6 |
| CdS in Informatica – L-31 | Laboratorio di Programmazione | ING-INF/05 | 9 |
| CdS in Ingegneria Meccanica per la Progettazione e la Produzione LM-33 | Machine Learning for Engineering | ING-INF/05 | 6 |
| CdS in Autonomous Vehicle Engineering (MOVE) LM-33 | Image and Video Processing for Autonomous Driving | ING-INF/03 | 6 |
| CdS in Transportation Engineering And Mobility LM-23 | Machine Learning and big data | ING-INF/05 | 9 |

| Tabella B | | | |
|--|---|--|-----|
| Corso di Studi | Attività formative selezionabili | SSD | CFU |
| CdS in Ingegneria Chimica LM-22 | Machine learning for Product and Process Engineering (Corso modulare) | ING-IND/25 ING-IND/26 ING-IND/27 | 6 |
| CdS in Ingegneria Meccanica per la Progettazione e la Produzione LM-33 | Bio-inspired Generative Design for Additive Manufacturing | ING-IND/15 | 9 |
| | Statistica per la Tecnologia | SECS-S/02 | 6 |
| | Statistical Learning for Industrial Engineering | SECS-S/02 | 6 |
| CdS in Scienze Chimiche LM-54 | Chimica e Tecnologia della Catalisi | CHIM/03 | 6 |
| | Chimica Computazionale | CHIM/02 | 6 |
| CdS in Transportation Engineering and Mobility LM23 | Unmanned Aircraft Systems for Transportation and Mobility | ICAR/05 ING-IND/05 | 6 |
| | Resilience of Transportation Systems | ICAR/05 | 6 |
| | Structural Health Monitoring for Infrastructures | ICAR/09 | 9 |

5. Gli studenti iscritti ad una LM tra quelle elencate nella Tabella all'Art. 1, comma 2, possono integrare il PM nel proprio Piano di Studi, inserendo le attività formative del Minor come di seguito specificato, e possono utilizzare CFU di ulteriori conoscenze per le attività trasversali del Minor.
 - a. Gli studenti del PM iscritti a Corsi di Laurea Magistrale LM-18, LM-27, LM-32 sono tenuti a selezionare almeno due corsi dalla Tab. B ed almeno un corso dalla Tab. A.
 - b. Gli studenti del PM iscritti a Corsi di Laurea Magistrale LM-21, LM-22, LM-23, LM-33 e LM-54 sono tenuti a selezionare almeno due corsi dalla Tab. A ed almeno un corso dalla Tab. B.
6. I CFU corrispondenti a ciascuna attività formativa sono acquisiti dallo studente con il soddisfacimento delle modalità di verifica del profitto (esame, idoneità) indicate nella Scheda relativa all'insegnamento/attività.
7. Gli studenti già in possesso del titolo di LM (o equivalente) oppure gli studenti iscritti in altri Atenei sono tenuti a presentare all'iscrizione un piano di studi. Il Comitato verifica la coerenza delle attività scelte dallo studente con la sua carriera accademica, al fine di evitare repliche di attività formative già sostenute e per controllare eventuali propedeuticità. Per gli studenti iscritti a CdS

di altri Atenei questa verifica è ripetuta a valle del conseguimento del relativo titolo. Lo studente dovrà accettare il piano di studi approvato dal Comitato. Laddove non venga rispettato il piano di studi approvato, lo studente non potrà conseguire la certificazione di completamento del PM.

8. Ai fini della carriera del Minor, gli studenti (siano essi iscritti ad un CdS o già laureati) possono chiedere il riconoscimento di esami previsti nel percorso del Minor (o esami ad essi equipollenti) già sostenuti, fermo restando il vincolo che almeno 6 CFU del percorso del Minor riguardino attività extra-curricolari aggiuntive rispetto a quelle che concorrono o hanno concorso al conseguimento del titolo. In nessun caso possono essere sostenuti nuovamente, ai fini del completamento del Minor, esami già superati da studenti nella loro precedente carriera.

Art. 7

Modalità di erogazione delle attività didattiche

1. Le attività didattiche del PM vengono svolte nelle modalità previste dai CdS di afferenza degli insegnamenti.
2. Informazioni dettagliate sulle modalità di svolgimento di ciascun insegnamento sono presenti sulle Schede degli insegnamenti sul sito docenti UniNA.

Art. 8

Periodo di svolgimento e conclusione del Percorso Minor

1. Il Minor si consegue al completamento di tutte le attività previste dal percorso e, per gli studenti che accedono al Minor come iscritti ad un CdS non prima del conseguimento del relativo titolo. Per gli studenti iscritti ad un CdS, il Minor si conclude all'atto del conseguimento del titolo finale, oppure successivamente entro un intervallo temporale di norma non superiore ad 1 anno. Per gli studenti già laureati, il percorso del Minor deve concludersi entro un intervallo di tempo dalla ammissione di norma non superiore a 2 anni.
2. A conclusione del PM l'Ateneo rilascia una specifica certificazione (ai sensi dell'art. 18, c. 1, del RDA) anche mediante rilascio di Open Badge. Nel caso degli studenti iscritti ai CCdSS elencati nella Tabella all'Art. 1, comma 2 l'Open Badge evidenzierà le credenziali extracurricolari acquisite.
3. La certificazione attesta che lo studente ha frequentato con profitto le attività previste dal presente Regolamento del PM in Applied Machine Learning. Essa è accompagnata da un voto corrispondente alla media dei voti conseguiti nell'insieme delle attività formative previste dal PM.
4. Ai fini della certificazione del PM, la CCD competente in relazione alla Classe di Laurea dello studente, sentito il Comitato, attesta le competenze complessivamente acquisite.

Art. 9

Propedeuticità e conoscenze pregresse

1. L'elenco delle propedeuticità è desumibile dalle schede degli insegnamenti nei Regolamenti dei CdS di afferenza.
2. Le eventuali conoscenze pregresse ritenute necessarie per l'accesso alle attività previste dal PM sono indicate nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sul sito docenti UniNA.

Art. 10

Calendario didattico del Percorso Minor

1. Il calendario didattico del PM viene reso disponibile sul sito web di ciascun Dipartimento e CdS proponente del PM, prima dell'inizio delle attività.

Art. 11

Tasse e contributi per l'accesso al Percorso Minor

1. Gli Studenti iscritti ad un CdS dell'Ateneo ammessi al PM accedono al percorso gratuitamente, ovvero, se previsto dal Consiglio di Amministrazione (CdA), versando all'Ateneo un contributo fissato annualmente dallo stesso CdA. Tutti gli altri studenti che accedono al PM versano all'Ateneo un contributo fissato dal CdA.
2. Ai sensi dell'Art. 18, c. 2, del RDA, l'ammissione al PM dà origine a una carriera distinta da quella del Corso di Studio cui sono immatricolati.

Art. 12

Pubblicità ed entrata in vigore

1. Il regolamento del PM è pubblicato sui siti dei CdS coinvolti con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività formative.

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Advanced Databases (NoSQL)

TITOLO INSEGNAMENTO IN INGLESE Advanced Databases (NoSQL)

Docente: Francesco Cutugno

| SSD | CFU | Anno di corso | | | Semestre | | Lingua |
|--------|-----|---------------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | Italiano |
| INF/01 | 6 | X | | | | X | |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

L' obiettivo del modulo è quello di presentare DBMS che adottano modelli dei dati alternativi a quello relazionale. Lo studio verrà indirizzato sia a modelli alternativi tradizionali quali il modello a oggetti ed il modello relazionale ad oggetti ed il modello dei dati semi-strutturato sia a considerare le proposte più recenti sviluppate nel contesto dei modelli NoSQL: DB colonnari, modello a grafo, modello key-value etc. Il fine complessivo del modulo è quello di orientare consapevolmente lo studente nella scelta dei modelli di dati e delle soluzioni tecnologiche più adeguate alla risoluzione dei problemi di memorizzazione e recupero dei dati.

PROGRAMMA

Limitazioni del modello relazionale dei dati. Basi di dati ad oggetti: definizione dei dati ODL e OQL. Basi di dati relazionali ad oggetti definizione dei dati ed interrogazioni. Il caso Object relational di Oracle. Basi di dati semi-strutturati. Definizione dei dati in XML (DDT e X-Schema). Interrogazione dei dati: XPATH e XQUERY. DBMS NoSQL: DBMS colonnari, orientati ai documenti, key-value, orientati ai grafi, orientati alle serie temporali. Rassegna dei DBMS NoSQL: MongoDB, Cassandra, InfluxDB, Neo4J etc. Database spaziali. Un caso di studio: Oracle Spatial.

MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni frontali. Esercitazioni.

MATERIALE DIDATTICO

Cattell R.G.C. , D. Berry et al, The Object Data Standard, Morgan Kaufmann Ed.

Oracle database. Object relational Developer's Guide. 12c Release 1 E53227-02.

Oracle database. Spatial Developer's Guide. 11g.

S. Abiteboul, I. Manolescu, P. Rigaux, M. Rousset, P. Senellart, Web Data Management, Cambridge University Press, webdam.inria.fr/Jorge/files/wdm.pdf

MODALITA' DI ESAME

| | | | | | | |
|---|---------------------|--|-------------------|---|-------------------|---|
| L'esame si articola in prova | Scritta e orale | | Solo scritta | X | Solo orale | |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | | A risposta libera | X | Esercizi numerici | X |
| Altro | | | | | | |

TEACHING SUMMARY FOR THE COURSE Advanced Databases (NoSQL)



Teacher: Francesco Cutugno

| SSD | CFU | Year | | | Semester | | Language |
|--------|-----|------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | Italian |
| INF/01 | 6 | X | | | | X | |

Propaedeutic courses: None

OBJECTIVES

The module is focused on DBMS adopting a data model which either extends the relational data model or adopt alternative data models. In particular, the module will discuss data definition and query languages for DBMS adopting the object model, object relational model, semi-structured model and the models following the recent NoSQL trend for databases: columnar DB, graph DB, document DB, key-value DB etc. The goal of the course is to allow the student to choose properly data models and DB technologies depending on the specific concrete needs of the problem under modelling and design.

PROGRAM

Limits of the relational data model. Object databases: data definition in ODL e query in OQL. Object relational databases; data definition and query. The Object relational model of Oracle. Semi-structured databases. Data definition in XML (DDT e X-Schema). Data query in XML: XPATH e XQUERY. DBMS NoSQL: column DBMS, document-oriented DBMS, key-value oriented DBMS, graph oriented DBMS, time series oriented DBMS. Overview of NoSQL DBMS: MongoDB, Cassandra, InfluxDB, Neo4J etc. Spatial database. A case studi: Oracle Spatial.

TEACHING MODALITIES

Lectures.

TEACHING MATERIALS

Cattell R.G.C. , D. Berry et al, The Object Data Standard, Morgan Kaufmann Ed.
 Oracle database. Object relational Developer's Guide. 12c Release 1 E53227-02.
 Oracle database. Spatial Developer's Guide. 11g.
 S. Abiteboul, I. Manolescu, P. Rigaux, M. Rousset, P. Senellart, Web Data Managment, Cambridge University Press, webdam.inria.fr/Jorge/files/wdm.pdf

EXAM

| | | | | | | |
|---|------------------|--|--------------|---|-----------|---|
| The exam is given in form | Written and oral | | Written only | X | Oral only | |
| In case of written exams, the tests are | Multiple choice | | Open answer | X | Numeric | X |
| Other | | | | | | |

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Machine Learning (Neural Networks and Deep Learning)

TITOLO INSEGNAMENTO IN INGLESE Machine Learning. Neural Networks and Deep Learning

Docente: Roberto Prevete

| SSD | CFU | Anno di corso | | | Semestre | | Lingua |
|--------|-----|---------------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | Italiano |
| INF/01 | 6 | X | | | | X | |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno.

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo del corso è quello di introdurre gli studenti ai principali aspetti, sia teorici sia pratici, riguardanti la progettazione e l'addestramento di reti neurali artificiali sia feed-forward sia ricorrenti, focalizzando l'attenzione su alcuni task specifici come quello della classificazione delle immagini e del testo. Il corso, inoltre, fornisce una introduzione ai modelli di rete neurale profonda, come le reti convoluzionali, considerando alcune delle architetture che hanno avuto particolare successo. Il corso, per di più, vuole rendere gli studenti capaci di usare alcune delle principali librerie software disponibili per lo sviluppo e l'apprendimento delle reti neurali artificiali.

PROGRAMMA

Architetture di rete feed-forward. Funzioni di attivazione. Funzioni di errore. Metodo di back-propagation per il calcolo del gradiente. Regole di apprendimento basate sulla discesa del gradiente. Strategie di generalizzazione e di apprendimento. Regolarizzazione. Rete neurale profonda: autoencoders a pila, unità rettificate, reti convoluzionali. Neurone biologico e modelli storicamente importanti: modelli di McCulloch-Pitts e Hodgkin-Huxley. Reti ricorrenti e ricorsive: reti neurali ricorrenti a tempo continuo, architetture Jordan ed Elman. Apprendimento per reti ricorrenti. Applicazioni di reti neurali a testi, immagini e serie storiche. Attuali aree di ricerca.

MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni frontali e progetti di gruppo.

MATERIALE DIDATTICO

I libri di testo principali sono:
Christopher M. Bishop. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford University Press, 1996.
Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.
Ulteriore materiale consiste in articoli scientifici recuperabili su librerie on-line, o forniti dal docente.

MODALITA' DI ESAME

| | | | | | | |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova | Scritta e orale | <input type="checkbox"/> | Solo scritta | <input type="checkbox"/> | Solo orale | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | <input type="checkbox"/> | A risposta libera | <input type="checkbox"/> | Esercizi numerici | <input type="checkbox"/> |
| Altro | Sviluppo progetto | | | | | |

TEACHING SUMMARY OF THE COURSE Machine Learning (Neural Networks and Deep Learning)

Teacher: Roberto Prevete

| SSD | CFU | Year | | | Semester | | Language |
|--------|-----|------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | Italian |
| INF/01 | 6 | X | | | | X | |

Propaedeutic courses: None

OBJECTIVES

The course aims to introduce the students to the main theoretical and applicative aspects regarding how to design and train feed forward and recurrent neural networks for tasks such as text classification and image recognition. This course, moreover, provides an introduction to deep neural network models, such as convolutional neural networks, and gives an overview of deep network architectures which have been particularly successful. The course also provides an introduction to the use of some of the software libraries available for building and training shallow and deep neural networks.

PROGRAM

Feed-forward network architectures. Activation functions. Loss functions. Back-propagation method. Learning rules based on gradient descend. Generalization and learning strategies. Regularization. Deep neural network: stacked autoencoders, rectified units, convolutional networks. Biological neurons and historically important models: McCulloch-Pitts and Hodgkin-Huxley models. Recurrent and recursive networks: continuous time recurrent neural networks, Jordan and Elman architectures. Applications of neural networks to text, images and time series. Current areas of research.

TEACHING MODALITIES

Lectures. Development of a group project.

TEACHING MATERIALS

The main books for the course are:

- Christopher M. Bishop. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford University Press, 1996.
- Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. Deep Learning. MIT Press, 2016.

Additional reading consists of scientific papers retrievable on public on-line libraries or made available by the teacher.

EXAM

| | | | | |
|--|---------------------|--------------|-----------|---|
| The exam is given in form | Written and oral | Written only | Oral only | X |
| In case of written exam, the tests are | Multiple choice | Open answer | Numeric | |
| Other | Project development | | | |

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Methods for Artificial Intelligence

TITOLO INSEGNAMENTO IN INGLESE Methods for Artificial Intelligence

Docente: Silvia Rossi

| SSD | CFU | Anno di corso | | | Semestre | | Lingua |
|--------|-----|---------------|----|-----|----------|----|---------|
| | | I | II | III | I | II | Inglese |
| INF/01 | 6 | X | | | | X | |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo di questo corso è di fornire agli studenti una conoscenza completa e approfondita dei principi e delle tecniche dell'intelligenza artificiale introducendo i problemi classici dell'IA, nonché i modelli e gli algoritmi utilizzati per affrontare questi problemi. Il programma del corso è diviso in tre parti. Nella prima saranno presentati algoritmi per la risoluzione di problemi di ricerca informata nello spazio degli stati, ricerca online ed in presenza di avversario, e problemi di soddisfacimento di vincoli. Nella seconda parte sarà analizzato il ragionamento e processo decisionale in caso di incertezza, discusso come rappresentare la conoscenza, inclusa la conoscenza incompleta e incerta del mondo reale; come ragionare logicamente con quella conoscenza usando le probabilità; come utilizzare questi modelli e metodi di ragionamento per decidere cosa fare. Nella terza parte saranno introdotte le problematiche relative a modelli distribuiti di decisione. In particolare, saranno presentati approcci di teoria dei giochi per la modellazione di processi di decisione nel caso di interazioni non cooperative e le possibili applicazioni di tali tecniche a problematiche concrete.

PROGRAMMA

Introduzione al Corso

- Cenni Storici

Problem Solving

- Tipologia di problemi: Problemi a Stato singolo, Problemi a stato multiplo, Problemi dipendenti da situazioni, Imprevedibili a priori, Problemi di tipo esplorazione.
- Strutture di rappresentazione e formalizzazione del problema per le prime tre tipologie.
- Strategie di ricerca non informata per le prime due tipologie di ricerca:
 - Ricerca in ampiezza e a costo uniforme;
 - Ricerca in profondità, e con iterazione della profondità;
 - Proprietà e confronto delle strategie di ricerca.
- Strategie di ricerca e euristiche per le prime due tipologie di ricerca:
 - Greedy best-first, A* ed euristiche ammissibili;
 - Euristiche consistenti;
 - Iterative Deepening A*;
 - Algoritmi di ricerca locale: Hill-climbing search, Local beam search, Simulated Annealing and Genetic.
- Giochi a più agenti: giochi a somma zero visti come problemi da risolvere;
 - Funzioni di utilità e strategia minimax;
 - Alpha beta pruning.
- Soluzione di problemi con vincoli: CSP
 - CSP come problema di ricerca;

- Backtracking per CSP, ordinamento di variabili e valori;
- Propagazione dei vincoli: Forward Checking e AC3;
- Struttura del problema;
- Ricerca locale.

Ragionamento e rappresentazione con conoscenza incerta

- Rappresentazione dell'incertezza:
 - Introduzione a decision theory, nozioni base di probabilità, eventi atomici, probabilità incondizionata, Joint probability distribution, probabilità condizionale;
 - Indipendenza e indipendenza condizionata, teorema di Bayes;
- Reti bayesiane:
 - Introduzione e tabelle delle probabilità condizionate;
 - Rappresentazione delle relazioni e delle probabilità condizionate;
 - Inferenze esatte: enumerazione, eliminazione di variabili.
- Ragionamento in condizioni di incertezza:
 - Azioni e utilità attesa, decision networks e rappresentazione di un problema di decisione, valore dell'informazione;
 - Problemi con decisioni in sequenza, utilità degli stati e equazione di Bellman, policy, soluzione con iterazione del valore, soluzione con iterazione della policy.

Sistemi multi-agente e game theory

- Introduzione ai sistemi multi-agente;
- Introduzione al game theory:
 - Giochi in forma normale e soluzioni
 - Strategie pure e miste; equilibri di Nash, Pareto ottimalità, social welfare;
 - Giochi a somma zero e rappresentazione estesa;
 - Calcolo di equilibri e dominanze;
 - Soluzioni di giochi a somma zero, minmax e alfabetà.
 - Giochi ripetuti.
- Computational social choice:
 - Meccanismi di votazione: funzioni di scelta sociale e social welfare;
 - Proprietà e teorema di Arrow;
 - Muller-Satterthwaite theorem;
 - Funzioni di ranking e PageRank;
 - Votazioni Strategiche e mechanism design (strategie dominanti e Bayes Nash);
- Allocating scarce resources:
 - Meccanismi d'asta, aste per item individuali (asta Inglese, asta Olandese, asta Giapponese, Vickrey);
 - Strategie dominanti ed equilibri nei meccanismi d'asta;
- Reaching agreements:
 - Negoziazione, domini;
 - Negoziazione in domini task oriented;

- Approcci game teoretici, protocolli con offerte alternate;
- Approcci euristici, protocollo di concessione monotona, strategia di Zeuthen;
- Negoziazione multi-issue.

MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni frontali. Esercitazioni.

MODALITA' DI ESAME

| | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| L'esame si articola in prova | Scritta e orale | <input checked="" type="checkbox"/> | Solo scritta | <input type="checkbox"/> | Solo orale | <input type="checkbox"/> |
| In caso di prova scritta i quesiti sono (*) | A risposta multipla | <input type="checkbox"/> | A risposta libera | <input checked="" type="checkbox"/> | Esercizi numerici | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Altro | | | | | | |

TEACHING SUMMARY OF THE COURSE Methods for Artificial Intelligence

Teacher: Silvia Rossi

| SSD | CFU | Year | | | Semester | | Language |
|--------|-----|------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | English |
| INF/01 | 6 | X | | | | X | |

Propaedeutic courses: None

OBJECTIVES

The objective of this course is to provide the students with a full and comprehensive knowledge of AI methods and techniques. We will introduce classic AI problems, as well as the models and the algorithms devised to address them. The course is divided in three main parts. In the first one, we will study algorithms for the resolution of informed search problems in state space, online search with/without the presence of an opponent, and constraint satisfiability problems. The second part will focus on the reasoning and decisional processes in the case of uncertainty. We will discuss ways to represent knowledge, including incomplete and uncertain knowledge of the real world. We will then focus on the logical reasoning over the acquired knowledge, using probabilities, and on using these reasoning methods and models to decide what to do. In the last part of the course, we will introduce distributed decision problems. Particularly, we will address game theory approaches for non-cooperative interaction decision problems, and the enforcement of such methods to concrete challenges.

PROGRAM

Introduction

- History of AI

Problem Solving

- Types of problems: single-state, multiple-states, context-dependent, heuristic problems, and exploration problems.
- Representation structures and problem formalization for the first three typologies.
- Uninformed Search Strategies:
 - Breadth-first search;
 - Depth-first search, and Iterative deepening depth-first search;
 - Comparing uninformed search strategies.
- Informed (Heuristic) Search Strategies:
 - Greedy best-first, A* and admissible heuristics;
 - Consistent heuristics;
 - Iterative Deepening A*;
 - Local search algorithms: Hill-climbing search, Local beam search, Simulated Annealing and Genetic.
- Multi-agent games: zero-sum games as problems to solve;
 - Utility functions and minimax strategy;
 - Alpha beta pruning.
- Constraint Satisfaction Problems
 - CSP as a search problem;
 - Backtracking for CSP, Variable and value ordering;
 - Constraint propagation: Forward Checking and AC3;
 - The Structure of Problems;

- Local Search for CSPs.

Uncertain knowledge and reasoning

- Uncertainty representation:
 - Introduction to decision theory, Basic Probability Notation, Atomic Events, Unconditional Probability, Inference Using Full Joint Distributions, Conditional Probability;
 - Independence and conditional independence, Bayes' Rule and Its Use;
- Bayesian networks:
 - The Semantics of Bayesian Networks;
 - Conditional independence relations in Bayesian networks;
 - Exact Inference in Bayesian Networks: Inference by enumeration, variable elimination algorithm.
- Reasoning in conditions of uncertainty:
 - Actions and expected utility, Decision Networks and representing a decision problem with a decision network, Value of Information;
 - Sequential Decision Problems, the utilities of states and Bellman equation for utilities, Value Iteration, Policy Iteration.

Multi-Agent systems and Game Theory

- Introduction to multi-agent systems;
- Introduction to game theory:
 - Games in normal form and solutions
 - Pure and mixed strategies; Nash equilibrium, Pareto optimality, social welfare;
 - Zero-sum games and extended representation;
 - Computation of Equilibria and Dominant Strategies;
 - Zero-sum games solutions, minmax and alfabet.
 - Repeated games.
- Computational social choice:
 - Voting mechanisms: social choice and social welfare functions;
 - Arrow property and theorem;
 - Muller-Satterthwaite theorem;
 - Ranking functions and PageRank;
 - Voting strategies and design mechanism (dominant strategies and Bayes Nash);
- Allocating scarce resources:
 - Auction mechanisms, individual-item auctions (English auction, Dutch auction, Japanese auction, Vickrey);
 - Equilibrium and dominant strategies in auction mechanisms;
- Reaching agreements:
 - Negotiation, domains;
 - Negotiation in task-oriented domains;
 - Theoretic games approaches, alternate bidding protocols;
 - Heuristic approaches, monotone concession protocol, Zeuthen strategy;
 - Multi-issue negotiation.

TEACHING MODALITIES

| |
|----------------------|
| Lectures. Exercises. |
|----------------------|

TEACHING MATERIALS

| |
|--|
| |
|--|

EXAM

| | | | | | | |
|---|------------------|-------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|
| The exam is given in form | Written and oral | <input checked="" type="checkbox"/> | Written only | <input type="checkbox"/> | Oral only | <input type="checkbox"/> |
| In case of written exams, the tests are | Multiple choice | <input type="checkbox"/> | Open answer | <input checked="" type="checkbox"/> | Numeric | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Other | | | | | | |



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ELABORAZIONE DI SEGNALI MULTIMEDIALI"

SSD ING-INF/03 *

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI E DEI MEDIA DIGITALI

ANNO ACCADEMICO 2022-23

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: LUISA VERDOLIVA
TELEFONO: 0817683929
EMAIL: VERDOLIV@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE): NO

MODULO (EVENTUALE): -
CANALE (EVENTUALE): -
ANNO DI CORSO (I, II, III): I-II
SEMESTRE (I, II): II
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è di fornire la conoscenza dei concetti di base e degli algoritmi per l'elaborazione di immagini digitali e presentare le principali tecniche per la codifica di immagini fisse e sequenze video, con particolare attenzione agli standard più comuni. Oltre a fornire gli strumenti matematici e concettuali per trattare analiticamente questi argomenti, il corso si propone di dare le conoscenze necessarie per sviluppare in Python i principali algoritmi per l'elaborazione delle immagini.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere gli strumenti metodologici per l'analisi e l'elaborazione delle immagini. Tali strumenti consentiranno agli studenti di risolvere problemi più complessi sia nel dominio dello spazio che nel dominio della frequenza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper ragionare sulle problematiche riguardo l'analisi e l'elaborazione di immagini e di saper scegliere la tecnica più adatta per la risoluzione di un problema pratico.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Enhancement di immagini. Enhancement nel dominio spaziale. Trasformazioni basilari dell'intensità: operazioni puntuali lineari e non lineari. Equalizzazione dell'istogramma. Bit-plane slicing. Operazioni aritmetiche. Operazioni geometriche. Basi del filtraggio spaziale. Filtri di smoothing e di sharpening. Filtro mediano. Operazioni morfologiche. Enhancement nel dominio frequenziale. Trasformata di Fourier bidimensionale. DFT-2D. Esempi di filtro passa-basso e passa-alto. Filtraggio in frequenza: filtri ideali, filtri di Butterworth e filtri gaussiani.

Rappresentazione del colore. Cenni sul sistema visivo umano. Coni e bastoncelli. Sensibilità relativa dei coni di tipo S, M e L. Teoria tricromatica dei colori. Color matching. Gli spazi di colore (RGB, HSI). Pigmenti: colorazione sottrattiva, sistemi di stampa CMY, CMYK (quadricromia).

Segmentazione. Tecniche edge based. Point detection e line detection. Gradienti di Roberts, Prewitt e Sobel. Thresholding del gradiente. Zero-crossing del Laplaciano. Canny edge detector. Tecniche class-based. Algoritmo K-means.

Compressione di immagini. Codifica di sorgente. Generalità sulla compressione dati. La quantizzazione. Quantizzazione uniforme e non uniforme. Codifica predittiva. Schema del codificatore e decodificatore. Quantizzazione predittiva. Codifica mediante trasformata. Compattazione dell'energia e allocazione ottima delle risorse. Le trasformate lineari. Trasformata di Karhunen-Loève e sue proprietà. Trasformata coseno discreta. Lo standard JPEG.

Codifica video. Generalità sul segnale video. Compressione spaziale e temporale. Conditional replenishment e compensazione del movimento. Il codificatore ibrido. Cenni allo standard MPEG-1 e MPEG-2. La scalabilità in risoluzione e in frame-rate

Trasformata Wavelet. Localizzazione tempo-frequenza. Wavelet continua (CWT). Mother Wavelet. Analisi multirisoluzione, funzione di scaling. Equazioni MRA. Estensione al caso bidimensionale. Implementazione della trasformata wavelet discreta (DWT). Banco di filtri di analisi e sintesi. Codifica mediante Wavelet. Algoritmo EZW.

Applicazioni. Esempi di applicazioni avanzate per l'elaborazione di immagini: denoising, super-risoluzione, riconoscimento di volti o oggetti, classificazione mediante descrittori locali, segmentazione semantica, riconoscimento di manipolazioni nelle immagini e nei video anche con tecniche basate sull'apprendimento (cenni alle reti neurali convoluzionali).

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo consigliati:

- R.C.Gonzalez, R.E.Woods: "Digital image processing", 3rd edition, Prentice Hall, 2008.
- A.Bovik: "The essential guide to image processing", Academic Press, 2009.
- K.Sayood: "Introduction to data compression", 2nd edition, Morgan Kaufmann, 2000.

Appunti del corso di Elaborazione di Segnali Multimediali: <http://wpage.unina.it/verdoliv/esm/>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica è erogata: a) per circa il 70% con lezioni frontali; b) per circa il 30% con esercitazioni guidate in laboratorio per lo sviluppo di applicazioni software in Python per comprendere al meglio le tecniche studiate. Gli argomenti delle lezioni frontali e delle esercitazioni sono esposti con l'ausilio di lavagne elettroniche e/o trasparenze dettagliate, messe a disposizione dello studente nel materiale didattico tramite il sito web ufficiale del docente. E' anche prevista la registrazione delle lezioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

| L'esame si articola in prova | |
|--------------------------------------|---|
| scritta e orale | X |
| solo scritta | |
| solo orale | |
| discussione di elaborato progettuale | |
| Altro | |

L'esame si articola in una prova scritta e una orale. La prova scritta, che consiste di tre algoritmi da sviluppare in Python al calcolatore, può essere sostituita dallo sviluppo di un progetto pratico in Python su un'applicazione avanzata di elaborazione di immagini. La prova orale consiste in due domande su problemi/algoritmi esposti al corso.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"IMAGE PROCESSING FOR COMPUTER VISION"

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

ANNO ACCADEMICO 2022-23

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GIUSEPPE SCARPA
TELEFONO: 0817683768
EMAIL: GIUSEPPE.SCARPA@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I, II
SEMESTRE: II
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Teoria dei Segnali

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti nozioni approfondite sullo sviluppo e l'applicazione di tecniche di elaborazione delle immagini per la soluzione di tipici problemi di *computer vision*, spaziando da metodi tradizionali per l'elaborazione dei segnali, cioè orientati alla modellizzazione, ad approcci moderni basati su reti neurali convoluzionali. Specifici problemi di *computer vision* considerati quali obiettivi formativi del corso sono la rivelazione, caratterizzazione ed il *matching* di *feature* locali, il *fitting* e l'allineamento di modelli geometrici, la classificazione di immagini, la segmentazione semantica o per istanze di immagini, la rivelazione, localizzazione ed il riconoscimento degli oggetti, la stima della posa, la stima della profondità, la corrispondenza stereo, la ricostruzione 3D da viste multiple.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà conoscere sia tecniche di filtraggio classiche che approcci basati su moderne reti neurali convoluzionali per la soluzione di problemi di visione computazionale quali la rivelazione, descrizione ed il *matching* di *feature* locali, il *fitting* e l'allineamento di modelli geometrici, la classificazione di immagini, la segmentazione semantica o per istanze, la rivelazione, localizzazione e riconoscimento di oggetti, la stima della posa, la stima della profondità, la corrispondenza stereo, la ricostruzione 3D da viste multiple, dalla prospettiva dell'elaborazione dei segnali. Per i problemi elencati lo studente dovrà altresì conoscere le metriche o gli indici prestazionali utili alla valutazione delle possibili soluzioni.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve acquisire la capacità di progettare, sviluppare e testare algoritmi di elaborazione delle immagini allo stato dell'arte finalizzati alla risoluzione di comuni problemi di visione computazionale, tra cui la rivelazione, descrizione ed il *matching* di *feature* locali, il *fitting* e l'allineamento di modelli geometrici, la classificazione di immagini, la segmentazione semantica o per istanze, la rivelazione, localizzazione e riconoscimento di oggetti, la stima della posa, la stima della profondità, la corrispondenza stereo, la ricostruzione 3D da viste multiple.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami sul filtraggio delle immagini. Dominio spazio-scala e decomposizione piramidale. Richiami sugli ambienti di programmazione per lo sviluppo di algoritmi di *computer vision*.

Formazione dell'immagine: La luce e il colore. Il modello *pinhole camera*. La proiezione del mondo 3D nel piano dell'immagine: matrice di proiezione della camera e calibrazione della camera. Trasformazioni geometriche di tipo proiettivo.

Early vision: Rivelazione dei contorni; segmentazione mediante trasformata *watershed*; *template matching* e descrizione tessiturale; rivelazione di angoli (Harris *detector*) e linee (trasformata di Hough).

Rivelazione e descrizione di *keypoint*: Definizione di *keypoint* e proprietà di ripetitività. Proprietà di invarianza dei rivelatori rispetto ad illuminazione, traslazione, rotazione, scala, trasformazioni affini e omografie. Rivelatore di Harris. Differenza di gaussiane (DoG). Piramide di DoG. Orientazione e scala di un *keypoint*. Descrittori di *feature*: proprietà discriminative; descrittori di comune impiego (SIFT, SURF, MSER,...); descrittori di forma e contesto.

Matching, fitting ed allineamento: *Matching* di *feature* mediante criterio del rapporto delle distanze. *Fitting* ed allineamento: metodo dei minimi quadrati lineare o robusto; algoritmo ICP; trasformata di Hough generalizzata; algoritmo RANSAC. Rivelazione, riconoscimento e classificazione.

Elaborazione delle immagini mediante reti neurali convoluzionali (CNN): Architetture convoluzionali per l'elaborazione delle immagini. Addestramento di CNN per l'elaborazione delle immagini: backpropagation e algoritmo di ottimizzazione SGD (e varianti). Moduli (*layer*) di comune impiego: convoluzione, *pooling*, *unpooling*, *batch normalization*, funzioni di attivazione (ReLU e sue varianti, Tanh, sigmoide). Funzioni di costo per l'elaborazione delle immagini. *Dropout* e *data augmentation*. Modelli CNN per super-risoluzione, classificazione, segmentazione, rivelazione e localizzazione di oggetti, stima della profondità, stima della posa.

Visione multi-view: Visione stereo: disparità e profondità. Vincoli epipolari; matrice essenziale e matrice fondamentale. Problemi di corrispondenza densi. Ricostruzione 3D da *multi-view*: *Structure from Motion* (SfM).

MATERIALE DIDATTICO

- R. Szeliski, "Computer vision: algorithms and applications", Springer 2010.
- R.-I. Hartley, A. Zisserman, "Multiple View Geometry in Computer Vision", C. U. P., 2nd Ed., 2004.
- I. Goodfellow, et al., "Deep Learning", MIT Press, 2017.
- Dispense del docente.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso prevede sia lezioni frontali (circa il 60% del totale) che attività di laboratorio. Sono tra l'altro previsti tutorial introduttivi sia sul linguaggio di programmazione Python e gli annessi *toolbox* per il *deep learning* che sull'uso di piattaforme di calcolo in *cloud* funzionali agli obiettivi del corso. Parte delle ore di laboratorio saranno dedicate allo sviluppo in itinere, con tutoraggio, dei progetti degli studenti ai fini della valutazione finale.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

| L'esame si articola in prova | |
|--------------------------------------|---|
| scritta e orale | |
| solo scritta | |
| solo orale | |
| discussione di elaborato progettuale | |
| altro | x |

L'esame prevede la presentazione di un progetto svolto individualmente o in gruppo, con relativa discussione, ed un colloquio generale sui contenuti del corso. Il progetto è di norma sviluppato in itinere e presentato al termine del corso in un *workshop* di chiusura, mentre il colloquio può tenersi in qualsiasi appello dell'a.a. corrente senza vincoli temporali.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"BASI DI DATI"

SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

ANNO ACCADEMICO: 2023-2024

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: VINCENZO MOSCATO

TELEFONO: 081-7683835

EMAIL: VINCENZO.MOSCATO@UNINA.IT

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE): N.A.

MODULO (EVENTUALE): N.A.

CANALE (EVENTUALE): N.A.

ANNO DI CORSO (I, II, III): III

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Fondamenti di informatica.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso presenta le principali metodologie per la progettazione di una base di dati relazionale e le caratteristiche fondamentali delle tecnologie e delle architetture dei sistemi di basi di dati. A valle di questo modulo, i discenti dovranno avere acquisito concetti relativi alla modellazione dei dati nei sistemi software, alle caratteristiche di un sistema informativo ed informatico, alle caratteristiche di un sistema transazionale, all'uso di SQL (Structured Query Language) ed SQL immerso nei linguaggi di programmazione e alla organizzazione fisica di un sistema di basi di dati.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze di base relative alle basi di dati relazionali, nonché quelle relative alle tecnologie ed alle architetture dei sistemi di basi di dati. In aggiunta, saranno forniti tutti gli strumenti metodologici e tecnologici a supporto della progettazione delle basi di dati relazionali e quelli per la loro gestione attraverso l'utilizzo del linguaggio SQL e dei software DBMS (DataBase Management System). In particolare, tali strumenti consentiranno agli studenti, da un lato, di sapere realizzare ed amministrare un sistema di basi di dati, dall'altro, di configurarlo nella maniera più opportuna per supportare le applicazioni che con esso interagiscono.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici ed operativi necessari ad applicare concretamente le conoscenze relative alle basi di dati relazionali ed al linguaggio SQL per la realizzazione e gestione di sistemi di basi dati. In particolare, lo studente deve dimostrare di essere in grado di progettare, creare, popolare ed interrogare una base di dati relazionale, nonché di gestirne la messa in esercizio attraverso l'utilizzo di un DBMS.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Parte Prima: Le basi di dati relazionali (6 CFU)

1. Sistemi informatici. I sistemi informativi e informatici. Basi di dati e sistemi di gestione (DBMS).
2. Il modello relazionale. Relazioni e tabelle. Basi di dati e vincoli di integrità. Definizione dei dati in SQL.
3. Il modello Entità Relazione. Progettazione di basi di dati. Entità, associazioni ed attributi. Progettazione concettuale ed esempi. Dallo schema concettuale allo schema relazionale. Revisione degli schemi. Traduzione nel modello logico.
4. Il modello Entità Relazione Avanzato. Ereditarietà: superclassi e sottoclassi. Gerarchie di generalizzazione e specializzazione. Risoluzione delle gerarchie.
5. Le operazioni. Operazioni insiemistiche. Modifica dello stato della base dei dati. Operazioni relazionali in forma procedurale e dichiarativa (SQL). Selezione, Proiezione, Join. Ridenominazione ed uso di variabili. Funzioni di aggregazione e di raggruppamento. Query insiemistiche e nidificate. Viste. Sintassi delle query SQL. La sintassi completa di Insert, Update e Delete.
6. Forme Normali. Ridondanze e anomalie nella modifica di una relazione. Dipendenze funzionali. Vincoli e dipendenze funzionali; dipendenze complete. Le tre forme normali e le tecniche di decomposizione. La forma normale di Boice e Codd.
7. SQL e linguaggi di programmazione. ODBC, JDBC, triggers.

Parte Seconda: Tecnologia di un DBMS (3 CFU)

1. Progettazione fisica di una base di dati. Organizzazione Fisica e gestione delle query. Strutture di Accesso.
2. Gestore delle interrogazioni.
3. Transazioni. Controllo di affidabilità e controllo di concorrenza.
4. Tecnologia delle basi di dati distribuite. Basi di dati replicate.
5. Cenni sulle basi di dati ad oggetti. Basi di dati direzionali.

MATERIALE DIDATTICO

- Libro di testo:
 - o Chianese, Moscato, Picariello, Sansone. *"Sistemi di basi di dati ed applicazioni"*. Apogeo Education-Maggioli Editore. Settembre 2015.
- Slides del corso e materiale integrativo

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà lezioni frontali per circa il 60% delle ore totali, ed in aggiunta esercitazioni al calcolatore, sia assistite sia personali, per approfondire praticamente gli aspetti teorici attraverso i tool introdotti, e seminari di approfondimento per le rimanenti ore. Il tutto sarà supportato da materiale didattico multimediale disponibile on-line.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

| L'esame si articola in prova | |
|--------------------------------------|---|
| scritta e orale | |
| solo scritta | X |
| solo orale | |
| discussione di elaborato progettuale | X |
| altro | |

| | | |
|---|---------------------|---|
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | |
| | A risposta libera | X |
| | Esercizi numerici | |

La prova scritta contiene, oltre ad esercizi, anche quesiti di teoria.

b) Modalità di valutazione:

La prova scritta pesa circa il 90% sulla valutazione finale, mentre l'elaborato progettuale il 10%.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"ADVANCED COMPUTER PROGRAMMING"

SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

ANNO ACCADEMICO: 2023-2024

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: RAFFAELE DELLA CORTE

TELEFONO: 0817683820

EMAIL: raffaele.dellacorte2@unina.it

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE): N.A.

MODULO (EVENTUALE): N.A.

CANALE (EVENTUALE): N.A.

ANNO DI CORSO (I, II, III): III

SEMESTRE (I, II): II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Programmazione.

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze e competenze di programmazione avanzata in ambito concorrente e distribuito, introducendo gli strumenti per la programmazione ed il debugging di applicazioni multithreading e su rete in linguaggio Java e Python, e fornendo le basi del concetto di middleware e delle diverse soluzioni adottate in ambito industriale, soffermandosi principalmente sul modello orientato ai messaggi e sul modello a servizi, con applicazioni su tecnologie reali. Il corso introduce inoltre gli strumenti per la programmazione di web-application, sia front-end che back-end.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere i problemi di programmazione concorrente e distribuita, principalmente nell'ambito di applicazioni in linguaggio Java e Python, nonché le caratteristiche delle differenti tecnologie middleware. Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici, teorici e pratici necessari per riconoscere, analizzare e risolvere problemi legati allo sviluppo di applicativi multithreading e su rete, consentendo agli studenti di padroneggiare lo sviluppo di progetti software avanzati in Java e Python.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concernenti la programmazione concorrente e distribuita, utilizzando le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione avanzata presentate al corso per la realizzazione di progetti software, multithreading e su rete, in linguaggio Java e Python.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Programmazione concorrente e su rete in Java.

Richiami sul linguaggio Java e classi contenitore. Programmazione concorrente in Java. Threads in Java, stati di un thread, pool di threads. Sincronizzazione in Java. Monitor Java e il package `java.util.concurrent` di Java 1.5. Build automation tool edebugging in Java. Programmazione generica, reflection ed annotazioni in Java.

Programmazione su rete in Java. Il package `java.net`. Socket TCP in Java: classi `Socket` e `ServerSocket`. Socket UDP in Java: classi `DatagramSocket` e `DatagramPacket`. Server multithread. Astrazione di oggetto remoto. Proxy-Skeleton.

Modelli di middleware.

Definizione e proprietà del livello middleware. Enterprise Application Integration (EAI). Chiamata di procedura remota (RPC), scambio di messaggi (MOM), elaborazione transazionale (TP), spazio delle tuple (TS), accesso a dati remoti (RDA), oggetti distribuiti (DOM), modello a componenti (CM), web services, microservizi.



Modello a scambio di messaggi.

Specifica Java Message Service (JMS), client e provider. Comunicazione point-to-point e publish-subscribe. Modello di programmazione JMS. Messaggi JMS ed aspetti avanzati.

Modello a servizi ed implementazione web-app application.

Cenni a SOAP e ai servizi RPC. RESTful Web Services, risorsa e Uniform Resource Identifier (URI). Servizi RESTful e metodi HTTP. Implementazione di RESTful Web Services con framework Java ed implementazione di web-app con HTML, Javascripte framework per lo sviluppo front-end.

Il linguaggio Python.

Tipi di dato, costrutti di controllo, passaggio parametri, data collection, file, funzioni, moduli e debugging in Python. Programmazione object-oriented in Python: classi, oggetti, ereditarietà, polimorfismo, classi astratte. Programmazione concorrente e su rete in Python: multithreading, sincronizzazione, socket. Esempi di integrazione multi-linguaggio. DataScience in Python.

MATERIALE DIDATTICO

- trasparenze delle lezioni del corso.
- Libri di testo:
 - B. Eckel *"Thinking in Java"*.
 - L. H. Etzkorn *"Introduction to Middleware - Web Services, Object Components, and Cloud Computing"*.
 - Semmy Purewal *"Learning Web App Development"*.
 - Craig Walls *"Spring in Action"*.
 - Allen B. Downey *"Think Python"*.
 - Mark Lutz *"Programming Python"*.
- Materiale esercitativo.
- Risorse disponibili in rete.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali ed esercitazioni guidate svolte in aula.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

| L'esame si articola in prova | |
|--------------------------------------|----------------------|
| scritta e orale | X |
| solo scritta | |
| solo orale | |
| discussione di elaborato progettuale | |
| altro | Prova al calcolatore |

| | | |
|--|----------------------------|--|
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | |
| | A risposta libera | |
| | Esercizi numerici | |

- b) Modalità di valutazione:** L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale. Si prevede inoltre la possibilità di pianificare prove intercorso eventualmente a sostituzione della prova scritta.



COURSE DETAILS

ELEMENTS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

SSD: ING-INF/05

DEGREE PROGRAMME: COMPUTER ENGINEERING

ACADEMIC YEAR 2022-23

GENERAL INFORMATION – TEACHER REFERENCES

TEACHER: STEFANO MARRONE

PHONE:

EMAIL: STEFANO.MARRONE@UNINA.IT

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE (IF APPLICABLE):

MODULE (IF APPLICABLE):

CHANNEL (IF APPLICABLE):

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME (I, II, III): III

SEMESTER (I, II): II

CFU: 6

REQUIRED PRELIMINARY COURSES (IF MENTIONED IN THE COURSE STRUCTURE “ORDINAMENTO”)

PREREQUISITES (IF APPLICABLE)

LEARNING GOALS

The course aims at providing the basic methodologies and techniques to understand and address issues related to Artificial Intelligence.

Students will acquire the theoretical background related to intelligent agents, their interaction, problem-solving, search strategies and adversarial search. They will learn the methods and techniques in the domain of game theory, which include optimal, imperfect real-time decisions, games with random elements, and state-of-the-art of game programs.

Students will acquire the basics of first-order logic, inference, and deduction, as well as they will master methods and techniques of logic programming with ProLog. They will be able to model uncertain knowledge and reasoning in order to act in uncertainty. Finally, the course will introduce basic concepts behind probabilistic reasoning and machine learning.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

The course aims to provide students with the knowledge needed to understand and analyze problem solutions based on Artificial Intelligence techniques.

Tools to master both the theory and the methodologies for problem solving will be provided; in particular, search strategies, adversarial search and logic programming will be considered. Basic concepts behind probabilistic reasoning and machine learning will be also introduced.

Applying knowledge and understanding

The course focuses on conveying the skills and methodological, as well as operational tools, which are the bases to apply Artificial Intelligence knowledge. Lessons promote the ability to apply the acquired methodological tools to implement solutions based on Artificial Intelligence techniques. The proposed techniques and models will be applied to specialized domains.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

Part I: Introduction to Artificial Intelligence

Intelligent Agents: Agents and environments, the concept of rationality, the nature of environments, the structure of agents

Part II: Problem Solving

Solving problems with search: Problem solving agents, Example problems, Looking for solutions, Uninformed search strategies, Breadth search, Uniform cost search, Depth search, Limited depth search

Iterative in-depth search, Two-way search, Comparison of uninformed search strategies, Avoiding repetition in states, Searching with partial information.

Informed search: Informed search strategies or heuristics, Best-first greedy or "greedy" search, A search, Heuristic search with limited memory, Local search algorithms and optimization problems, Hill-climbing search, Simulated annealing, Local-beam search, Genetic algorithms.*

Searching with opponents: Games, Optimal decisions in games, The minimax algorithm, Alpha-beta pruning, Imperfect real-time decisions, Games that include random elements, The state of the art in game programs.

Part III: Knowledge and Reasoning

Logical agents: Knowledge-based agents, The world of wumpus, Logic, Propositional calculus, Patterns of reasoning in propositional calculus, Forward and backward concatenation.

First-order logic: Syntax and semantics of first-order logic, Using first-order logic.

*Inference in first-order logic: Propositional inference and first-order inference, Unification
 Forward Concatenation, Backward Concatenation, Logic Programming, Prolog, Lists in Prolog, Extra-logic Operators: not, cut, fail*

Part IV: Uncertain Knowledge and Reasoning

Uncertainty: Acting under uncertainty, Basic notation of probability theory, Inference based on complete joint distributions, Independence, Bayes' rule and its use.

*Probabilistic reasoning: Representation of knowledge in an uncertain domain, Semantics of Bayesian networks
 Efficient representation of conditional distributions.*

Part V: Learning

Learning from observations: Forms of learning, Inductive learning, Learning decision trees.

Neural Networks: Definition of Neural Network, Training and Learning, Training Modes, Learning Laws

The perceptron of Rosenblatt, The multilevel perceptron, The theorem of Kolmogorov, Learning Vector Quantization (LVQ) Network, Kohonen Self-Organizing Maps (SOM), Kernel Machines, Support Vector Machines (SVM).

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Recommended textbooks:

S.J.Russell, P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Global Edition, Third Edition, Pearson Education.

Other materials:

Materials produced and provided by the Teacher

TEACHING METHODS

The teaching is carried out with lectures (70% of total hours) and laboratory exercises (30% of total hours).

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

a) Exam type:

| Exam type | |
|--------------------|---|
| written and oral | X |
| only written | |
| only oral | |
| project discussion | X |
| other | |

| | | |
|--|-------------------------|---|
| In case of a written exam, questions refer to: (*) | Multiple choice answers | |
| | Open answers | X |
| | Numerical exercises | |

(*) multiple options are possible

The project will be proposed in the middle of the course.

b) Evaluation pattern:

The examination aims at verifying the achievement of the formative objectives expected for the teaching activities. It includes a written test and an oral discussion focused on the topics of the course.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

"COGNITIVE COMPUTING SYSTEMS"

SSD ING-INF/05 *

** Nel caso di un insegnamento integrato il Settore Scientifico Disciplinare (SSD) va indicato solo se tutti i moduli dell'insegnamento sono ricompresi nello stesso SSD, altrimenti il Settore Scientifico Disciplinare verrà indicato in corrispondenza del MODULO (v. sotto).*

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: **INGEGNERIA INFORMATICA**

ANNO ACCADEMICO **2021-2022**

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: **PAOLO MARESCA**

TELEFONO: **+39 081 7683168**

EMAIL: **PAOLO.MARESCA@UNINA.IT**

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE):

MODULO (EVENTUALE):

CANALE (EVENTUALE):

ANNO DI CORSO (I, II, III): **II**

SEMESTRE (I, II): **II**

CFU: **6**

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

NESSUNO

EVENTUALI PREREQUISITI

NESSUNO

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire le conoscenze e competenze approfondite necessarie per la comprensione di sistemi basati sul paradigma del cognitive computing. Il cognitive computing è una disciplina emergente che, mettendo insieme conoscenze di cloud, Big Data, IOT, connessioni fra le reti, machine learning, natural language processing, AI, deep learning e knowledge representation, sviluppa sistemi automatici che cercano di simulare il processo del pensiero umano. Gli studenti avranno anche l'opportunità di maturare le competenze specialistiche necessarie per lo sviluppo di applicazioni cognitive che possono interagire con persone e/o cose (macchine e/o altri computer). Il corso sarà corredato da una attività di esercitazione e sviluppo di applicazioni in laboratorio.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Descrivono quanto uno studente, in possesso di adeguata formazione iniziale, dovrebbe conoscere, comprendere ed essere in grado di fare al termine di un processo di apprendimento (conoscenze ed abilità). In particolare, i primi due descrittori ("Conoscenza e comprensione" e "Capacità di applicare conoscenza e comprensione") si riferiscono a conoscenze e competenze prettamente disciplinari e devono essere usati per indicare le conoscenze e competenze disciplinari specifiche del corso di studi che ogni studente del corso deve possedere nel momento in cui consegue il titolo.

Quanto declinato in questi campi è importante che sia coerente con quanto indicato nei quadri di sintesi presenti in Ordinamento.

Conoscenza e capacità di comprensione

Si riferisce alle conoscenze disciplinari e descrive come e a quale livello lo studente debba essere in grado di rielaborare in maniera personale quanto appreso per trasformare le nozioni in riflessioni più complesse e in parte originali.

Lo studente deve essere in grado di conoscere le tematiche e le problematiche ricomprese in questo corso fino al punto di elaborare connessioni trasversali fra le discipline che il cognitive computing ricomprende. Il paradigma del cognitive computing è dirompente (disruptive) perché introduce uno sconvolgimento nel modo di procedere nel risolvere problemi e nel progettare soluzioni di fronte a problemi che spaziano in molte tematiche e su molti domini applicativi. L'insegnamento fornirà gli strumenti metodologici per elaborare ed applicare questo nuovo paradigma su casi concreti.

Esempi: "Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere le problematiche relative a .../ Deve dimostrare di sapere elaborare argomentazioni concernenti le relazioni / i nessi tra.... a partire dalle nozioni apprese riguardanti"; "Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici di base necessari per analizzare ...Tali strumenti consentiranno agli studenti di comprendere le connessioni causali tra... / le principali relazioni che sussistono tra ..., e di cogliere le implicazioni/ le conseguenze ...".

Utilizzare verbi che fanno riferimento alla dimensione cognitiva dell'apprendimento (ad es. descrivere, illustrare, ricordare, definire, delineare, riconoscere, distinguere, individuare, conoscere, comprendere).

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Si riferisce alle competenze (il "saper fare") disciplinari che lo studente deve acquisire e descrive come e a quale livello lo studente debba essere in grado di applicare in pratica il sapere acquisito per la risoluzione di problemi anche in ambiti diversi da quelli tradizionali.

Lo studente sarà in grado, da solo o in gruppo, di ideare, progettare e realizzare una applicazione cognitiva. Egli acquisirà gli strumenti metodologici propri del paradigma del cognitive computing e li applicherà al dominio applicativo designato. La sua capacità nel dominare la pervasività delle applicazioni cognitive sarà importante per applicare concretamente le conoscenze maturate nel corso. Allo scopo di implementare correttamente una soluzione, esperienze provenienti dalle aziende più quotate in ambito mondiale faranno da traccia nella maturazione degli strumenti metodologici all'avanguardia nelle aziende e nei centri di ricerca.

Lo studente

Esempi: "Lo studente deve dimostrare di essere in grado di trarre le conseguenze di un insieme di informazioni per, risolvere problemi

concernenti ... e/o realizzare ...; applicare gli strumenti metodologici appresi ai seguenti ambiti...."; "Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici e operativi necessari ad applicare concretamente le conoscenze .. / favorire la capacità di utilizzare gli strumenti metodologici acquisiti per..."

Utilizzare verbi che fanno riferimento alla dimensione operativa dell'apprendimento (ad es. compilare, comporre, controllare, costruire, disegnare, gestire, implementare, manipolare, modificare, mostrare, organizzare, parafrasare, preparare, produrre, recitare, riprodurre, riscrivere, risolvere, utilizzare, trasferire, analizzare)

PROGRAMMA-SYLLABUS

Descrivere il programma per singoli argomenti e, ove possibile, ripartire tra i diversi argomenti il numero di CFU della prova finale.

Nel caso di insegnamenti integrati, specificare l'articolazione del Programma nei moduli costituenti.

Il programma sarà composto dai seguenti argomenti

- *An overview of Artificial Intelligence and Machine Learning*
- *Natural Language Understanding*
- *Approaches to automated question answering and relation extraction*
- *The foundation of cognitive computing*
- *Design principles of cognitive computing and Design Thinking*
- *Cognitive computing ecosystem scenario*
- *Applying Advanced Analytics to cognitive computing*
- *Unstructured Information Management Architecture & Massively Parallel Probabilistic Evidence-Based architecture*
- *The Cognitive computing paradigm*
- *Cooperative cognitive programming & Flow-Based programming*
- *The role of cloud and distribute computing in CC: PaaS platform as IBM-Watson, Microsoft-Azure, et al*
- *Building a Watson-enabled system*
- *The process of Building a cognitive application*
- *Applications of cognitive computing to Internet of Things*
- *The operation of AI platforms*
- *Efficient use of resources*
- *Responsible AI*
- *Approach that combines small data & wide data*
- *New trends in Cognitive computing*

An overview of artificial intelligence and machine learning

In questo capitolo si fornisce una overview di intelligenza artificiale e di machine learning percorrendo la sua traccia nella ricerca negli ultimi 50 anni. La visione attuale di IA è quella di Intelligenza Aumentata. In altri termini *l'IA non dovrebbe tentare di sostituire gli esseri umani, ma piuttosto assistere e amplificare la loro intelligenza*. Possiamo usare l'intelligenza aumentata per estendere le capacità umane e realizzare cose che né gli uomini né le macchine potrebbero fare da soli. Alcune delle sfide che affrontiamo oggi provengono da un eccesso di informazioni. Internet ha portato a comunicazioni più veloci e all'accesso a una grande quantità di informazioni. Il calcolo distribuito e l'IoT hanno portato alla generazione di enormi quantità di dati e il social networking ha fatto sì che la maggior parte di quei dati non siano strutturati. Ci sono così tanti dati che gli esperti umani non possono tenere il passo con tutti i cambiamenti e i progressi nei loro campi di studio: insomma non abbiamo un piano per utilizzarli! Con l'intelligenza aumentata o allargata (*Augmented Intelligence*), vogliamo mettere le informazioni di cui gli esperti hanno bisogno a portata di mano e restituire tali informazioni con una *probabilità di correttezza*, in modo che gli esperti possano prendere decisioni più informate. Vogliamo che gli esperti aumentino le loro capacità in modo che possano migliorare il servizio ai propri clienti. Vogliamo lasciare che le macchine facciano il lavoro dispendioso in termini di tempo in modo che gli esperti siano in grado di fare le cose che contano. Una delle sfide importanti è che l'intelligenza artificiale, sostituendo gli uomini nelle attività ripetitive di tutti i giorni, dovrà essere accettata in moltissimi campi della vita e del lavoro delle persone. I dati che vengono raccolti riguardano persone, elettrodomestici, automobili, reti, assistenza sanitaria, decisioni di acquisto, meteo, comunicazioni e tutto ciò che vediamo. È anche più facile che mai avere accesso a questi dati grazie agli smart phone e gli smart watch, gli utenti li usano per pubblicare immagini dei loro prodotti alimentari, acquisti di negozi ed esercizi di routine sui social media. Quando sviluppiamo sistemi di IA, dobbiamo stabilire *fiducia*. Si pone subito un problema che è: se non ti fidi di una macchina che fornisce delle raccomandazioni non puoi fidarti dei consigli che ti dà. Se qualcuno ti dà consigli, dobbiamo avere un livello di fiducia costruito prima di seguirli. Un modo per creare fiducia è mostrare come è stata costruita la raccomandazione (*trasparenza*). Qualsiasi soluzione che utilizza l'intelligenza artificiale dovrebbe essere costruita tenendo conto della trasparenza e della divulgazione. La *privacy* è un'altra preoccupazione che deve essere affrontata fin dall'inizio quando si costruisce una soluzione di intelligenza artificiale. Una volta persa la privacy, non puoi recuperarla. Poi ci sono i problemi etici che l'uso della IA crea. Le sfide etiche ci sono sempre state nel momento in cui la tecnologia ha fatto passi avanti: si pensi ai primi anni della televisione etc., non ci meraviglia che questo accada oggi con l'IA. Semplicemente dobbiamo accettare queste sfide. Insomma un mondo stimolante e alla avanguardia ci aspetta in questo corso.

Natural language Understanding

Il linguaggio naturale è il modo con il quale gli esseri umani esprimono concetti, esigenze, sentimenti, etc. Esso rappresenta lo strumento di comunicazione principale. Sembra naturale ed ovvio iniziare da questo potente strumento per iniziare un viaggio attraverso lo studio e l'uso di questo per istruire macchine affinché facciano ciò che noi desideriamo esse facciano. Ma il linguaggio naturale o parlato ha molte sfumature: dialetti, toni, abbreviazioni, metafore, modi di dire, etc. I nativi della lingua parlata non hanno problemi a parlare e a scrivere tutto ciò ma per le macchine è tutta un'altra storia. La PNL è uno dei sottocampi più importanti dell'apprendimento automatico per una serie di ragioni. Il linguaggio naturale è l'interfaccia più naturale tra un utente e una macchina. Una trattazione rigorosa porterebbe via un intero corso, ci basterà capire quali sono i punti interessanti della ricerca e come il linguaggio sia importante nel progettare sistemi cognitivi che interagiscono con l'utente e siano in grado di risolvere problemi di complessità sempre più crescente. Vedremo come questa complessità avrà un impatto sulle architetture hardware e software che supportano le applicazioni.

Approches to automated question answering and relation extraction

Nel 2007, IBM Research ha affrontato la grande sfida di costruire un sistema informatico in grado di competere con i campioni al gioco di Jeopardy!, Un quiz televisivo statunitense. Nel 2011, il sistema di risposta alle domande a dominio aperto, denominato Watson, ha battuto i due giocatori con il punteggio più alto in un incontro di due partite Jeopardy!

I progressi nella tecnologia di risposta alle domande (QA) aperte possono aiutare i professionisti a prendere decisioni critiche e tempestive in aree quali: conformità agli standard, sanità, integrità aziendale, business intelligence, knowledge discovery, gestione della conoscenza aziendale, sicurezza e assistenza clienti, etc.

Per realizzare un progetto di tale complessità serve una architettura adeguata. L'architettura del sistema di risposta alle domande (QA) progettata per consentire a Watson-IBM di giocare a Jeopardy! come DeepQA. DeepQA è un'architettura software per l'analisi approfondita dei contenuti e il ragionamento basato sull'evidenza. Rappresenta una potente capacità che utilizza l'elaborazione avanzata del linguaggio naturale (PNL), il recupero delle informazioni, il ragionamento e l'apprendimento automatico. La filosofia alla base dell'approccio di ricerca che ha portato a DeepQA è che la vera intelligenza emergerà dallo sviluppo e dall'integrazione di molti algoritmi diversi, ciascuno guardando i dati da diverse prospettive. Il successo del sistema di risposta alle domande di Watson può essere attribuito all'integrazione di una varietà di tecnologie di intelligenza artificiale.

L'architettura DeepQA vede il problema della risposta automatica alle domande come un compito di generazione e valutazione di ipotesi massicciamente parallele. DeepQA può essere visto come un sistema che genera un'ampia gamma di possibilità e, per ciascuna, sviluppa un livello di fiducia raccogliendo, analizzando e valutando le prove basate sui dati disponibili.

Il principio computazionale primario supportato dall'architettura DeepQA può essere riassunto nei seguenti punti:

1. *Assumere e perseguire molteplici interpretazioni della domanda.*
2. *Generare molte risposte o ipotesi plausibili.*
3. *Raccogliere e valutare molti percorsi di prove concorrenti che potrebbero supportare o confutare tali ipotesi.*

The foundation of cognitive computing computing

Il capitolo affronta il paradigma del cognitive computing e perché esso è differente da quello deterministico da cui discendono tutti i linguaggi di programmazione che lo studente conosce. Un paradigma basato sui dati piuttosto che sugli algoritmi e che si alimenta con una quantità sempre più crescente e mutevole di dati che esigono sistemi di calcolo paralleli e sempre più performanti. I dati cambiano velocemente. Ma perché questi dati crescono così velocemente? perché IL NOSTRO MODELLO SOCIALE È CAMBIATO. Le parole-chiavi che descrivono bene il modello di società in cui viviamo sono: mobile, sociotecnico, complesso e iperconnesso.

Una tecnologia cognitiva che si basa sul modo di ragionare dell'essere umano, in particolare quando un essere vivente osserva fenomeni e prende delle decisioni segue un approccio costituito da 4 passi. Ad esempio quando noi ci troviamo ad osservare qualche cosa e siamo chiamati a prendere una decisione (es. se salire le scale o prendere l'ascensore), il processo mentale che seguiamo è il seguente

- 1) osserviamo i fenomeni visibili e raccogliamo le prove oggettive,
- 2) usiamo quello che conosciamo per interpretare ciò che osserviamo generando ipotesi su ciò che viene osservato
- 3) valutiamo quali ipotesi sono giuste e quali sono sbagliate,
- 4) prendiamo la decisione scegliendo l'ipotesi che riteniamo giusta ed agendo di conseguenza

Un sistema cognitivo si comporta allo stesso modo e costituirà, una rivoluzione tecnologica e culturale che sconvolgerà diversi settori in quanto sarà in grado di operare con i big data, adoperando il cloud, IOT e le reti.

I settori di sperimentazione di un sistema cognitivo sono healthcare, travel transportation, economics, retail. Ma un sistema cognitivo può essere usato anche nella didattica ad esempio per personalizzare l'apprendimento e modificare il percorso formativo degli studenti.

Design principles of cognitive computing and design thinking

Il disegno di un Sistema cognitivo richiede molte fasi. Richiede la comprensione dei dati, l'identificazione del tipo di domande che bisogna porre e la creazione di un corpus sufficientemente completo da supportare la generazione di ipotesi, relativamente al dominio sotto esame, di fatti osservati. Insomma un sistema cognitivo è molto diverso da un sistema software perché è disegnato per creare ipotesi a partire da dati, analizzare alternative alle ipotesi stesse e determinare la disponibilità di prove a supporto per risolvere un problema. Bisogna costruire un nuovo modello di processo per le applicazioni cognitive perché debba accedere gestire ed analizzare dati in un determinato contesto applicativo, generi e misuri molte ipotesi (soluzioni) rilascino per ognuno prove a supporto ed indizi sul livello di confidenza, il sistema stesso si aggiorni continuamente non appena si aggiornano i dati in modo da diventare sempre più intelligente. Per progettare un sistema così complesso e con una spiccata personalizzazione sul dominio applicativo è necessario uno

strumento di disegno più agile e semplice: il design thinking. In breve il design thinking (*Il pensiero progettuale*), in una delle sue quattro declinazioni, è un approccio di problem solving finalizzato a migliorare le esperienze delle persone per comprendere i bisogni dell'utente immaginando più soluzioni possibili per rispondere alle sue esigenze. La metodologia è enormemente creativa e si incontra naturalmente con il cognitive computing. Il Design Thinking sta spingendo sempre più imprese a cambiare il loro modo di innovare progettando le applicazioni cognitive in maniera creativa e dualmente si comincia a porsi la domanda: Come possono impattare gli algoritmi di intelligenza artificiale sulle attività di Design Thinking?. UN mini corso di design thinking verrà erogato in questo corso allo scopo di riuscire a progettare una applicazione cognitiva in gruppo ed apprezzare questa metodologia innovativa.

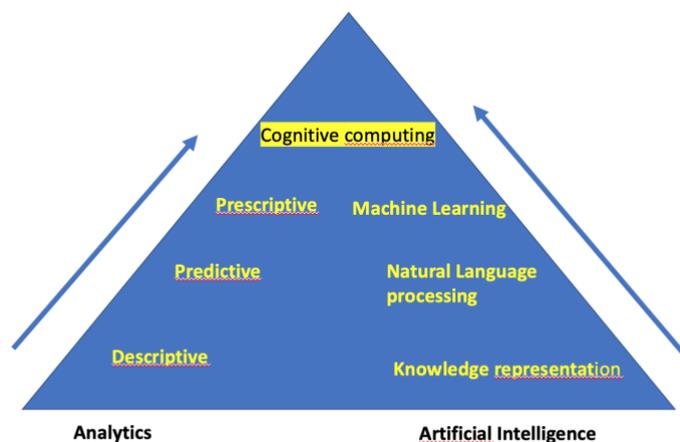
Cognitive computing ecosystem scenario

Si tratteggia l'ecosistema vasto del cognitive computing. Ogni disciplina dirompente ne ha uno

Applying advanced analytics to cognitive computing

Il capitolo affronta un interessante convergenza fra "vecchio e nuovo". Uno studio condotto da IBM Institute for Business Value titolato "Facing the storm: Navigating the global skill crisis, condotto con oxford economics ha interrogato 5600 ceo rappresentanti di 18 industrie, 48 paesi e 800 leaders di istituzioni governative oltrechè 1500 ricercatori in università e centri di ricerca. Il 74% degli intervistati crede che i modelli di business delle aziende non sono più sostenibili in un mercato attuale ! Vi consiglio questo documento, la ragione? Le aziende si troveranno sempre a rincorrere il mercato anzichè anticiparlo osservando le esigenze dei clienti. Il modello di maturità dei loro processi è fragile.

Come illustrato nella figura successiva, le aziende stanno sperimentando una progressione nel modello di maturità dell'analisi, che va dall'analisi descrittiva dall'analisi predittiva al machine learning e al cognitive computing. Le aziende che hanno avuto successo sono quelle che hanno capito come analizzare i dati per capire sia dove sono state collocate nel passato ma anche come possono imparare dal passato per anticipare il futuro. Possono descrivere in che modo azioni ed eventi avranno un impatto sui risultati. Sebbene la conoscenza di questa analisi possa essere utilizzata per fare previsioni, in genere queste previsioni sono fatte attraverso una lente di aspettative preconcepite. I data scientist e gli analisti aziendali sono stati costretti a fare previsioni basate su modelli analitici basati su dati storici. Tuttavia, ci sono sempre fattori sconosciuti che possono avere un impatto significativo sui risultati futuri. Le aziende hanno bisogno di un modo per costruire un modello predittivo in grado di reagire e cambiare in caso di cambiamenti nell'ambiente. La prossima frontiera, foriera di opportunità e grossi cambiamenti, include i big data analytics ed include le tecnologie del machine learning e del cognitive computing. Come mostrato nella prossima figura c'è una convergenza di tecnologie fra l'analisi (anche convenzionale) e l'intelligenza artificiale. Una spinta importante per questa convergenza è il cambiamento nei tempi e nell'immediatezza dei dati. Le applicazioni odierne richiedono spesso cambiamenti di pianificazione e operativi a un ritmo rapido affinché le aziende rimangano competitive. Attendere 24 ore o più per i risultati di un modello predittivo non è più accettabile. Ad esempio, un'applicazione di gestione delle relazioni con i clienti può richiedere un processo di analisi iterativo che incorpora le informazioni correnti dalle interazioni con i clienti e fornisce risultati a supporto del processo decisionale in pochi secondi, garantendo che il cliente sia soddisfatto. Pertanto, i modelli analitici devono incorporare set di grandi dimensioni che includano dati strutturati, non strutturati e in streaming per migliorare le capacità predittive. La moltitudine di fonti di dati che le aziende devono valutare per migliorare l'accuratezza del modello include database operativi, social media, sistemi di relazione con i clienti, web log, sensori e video.



Unstructured Information Management architecture & Massively parallel probabilistic evidence-based architecture

In questo capitolo si tratta dell'architettura che è stata utilizzata dal team DeepQA per costruire il sistema che ha battuto il migliore giocatore umano nel torneo Jeopardy! . Quindi è, secondo me, l'invenzione più brillante della letteratura sulla QA negli ultimi decenni. Quindi, il motivo per cui Watson IBM funziona e perché similmente funzionano gli altri sistemi simili è perché l'Architettura DeepQA è stata elaborata in un modo molto flessibile e consente l'integrazione di una varietà di tecnologie diverse tra cui machine learning, elaborazione del linguaggio naturale e reasoning e rappresentazione della conoscenza, e quasi tutto ciò che è possibile pensare nel campo dell'intelligenza artificiale.

E prima di tutto, forse l'innovazione più importante nell'architettura DeepQA è il fatto che *possiamo usare simultaneamente sia i dati strutturati che quelli non strutturati* nella stessa architettura. L'architettura è ritagliabile, anche questa è una importante innovazione, a seconda del dominio ad esempio possiamo avere una versione semplificata di questa architettura DeepQA che è quella che chiamiamo la pipeline DeepQA minima. L'architettura stessa poi è tipicamente parallela perché essa deve esplorare tutte le strade (in parallelo) in quanto essa ha un approccio probabilistico basato sulle evidenze.

cooperative computing programming & Flow-based programming

La cooperazione e la collaborazione sono la sfida fondamentale per un gruppo di lavoro anche molto nutrito e decentrato a livello geografico. Interessanti gli strumenti di programmazione per attivare la cooperazione, distribuire i task, controllare i lavori e coordinare le attività, affinché lo sforzo converga nella direzione di amplificare gli sforzi in una collaborazione del team di sviluppo. Sebbene il progettista di sistemi cognitivi, scrive poco codice deve riusarne parti e coordinare molte librerie questo rende essenziale usare piattaforme mature per lo sviluppo. Eclipse rappresenta una di queste per la sua capacità di ospitare *tutti* i linguaggi AI (python, R, etc) oltre che *tutti* i linguaggi di programmazione più tradizionali con i quali molti algoritmi sono scritti (c, c++, c#, java, javascript, ruby, etc). Fino ad arrivare ai linguaggi tipicamente adoperati in AI come python che sarà adoperato in questo corso [4]. Si ha il vantaggio di poter intervenire con un solo IDE per qualunque linguaggio e conservare uno standard di cooperazione durante lo sviluppo. Flow-based programming è il modo più facile ed agevole per unire i vantaggi di un workflow ed un dataflow quando si progetta una applicazione AI. In questo corso si userà Node-RED che è appunto un flow-based programming tool[3].

The role of cloud and distribute computing in CC: PaaS platform as IBM-Watson, Microsoft-Azure, et al

La capacità di sfruttare i servizi di calcolo fortemente distribuiti e a buon mercato non solo ha trasformato il modo con il quale oggi viene gestito e distribuito il software ma è anche diventato un cardine per l'attività di commercializzazione del cognitive computing. Enormi sistemi di elaborazione cognitiva richiedono un ambiente di elaborazione convergente che supporti una varietà di tipi di hardware, servizi software ed elementi di rete che devono essere bilanciati dal carico di lavoro. Pertanto il cloud computing e un'architettura distribuita sono i modelli di base necessari per rendere operativo i sistemi cognitivi su larga scala.

Si passano in rassegna le maggiori Platform as a Service come IBM Watson, Microsoft Azure, Google AI Platform, etc. Ben sapendo che lo scenario, al momento, mostra almeno una ventina di piattaforme di cognitive computing. Il capitolo prova a delineare criteri di scelta "orientata" ai problemi ed al dominio. In maniera da rendere oggettiva la scelta ma anche osservando altri criteri come i costi, il trattamento dei dati e la loro tenuta e tanti altri criteri che potrebbero risultare prioritari in alcuni contesti.

Building a Watson-enabled system

Si definisce, definite un dominio, un modo originale per ritagliare una architettura di un sistema cognitiva su di un problema, con tutto quello che ciò comporta in termini di bilanciamento delle risorse cloud, di calcolo, di memoria e di scelta della macchina adeguata su cui tutto ciò deve essere implementato e deve essere eseguito. Lo si fa prendendo a riferimento una dei sistemi cognitivi più diffusi IBM-Watson.

The process of Building a Cognitive application

Costruire una applicazione cognitive non è la stessa cosa che costruire una applicazione software. I sistemi cognitivi sono dirompenti e sconvolgono i paradigmi di progettazione, da ciò nasce l'esigenza di disegnare un modello di processo per lo sviluppo dell'applicazione cognitiva che si diversifica da quello dello sviluppo software in molte parti ed, addirittura, in talune è anche più creativo e completo. La definizione degli obiettivi, la definizione del dominio e la comprensione delle reali intenzioni dell'utente e degli indizi nascosti sono una disciplina molto approfondita nella ingegneria del software, ma la disciplina dell'ingegneria dei sistemi cognitivi necessita di strumenti più semplici e condivisi per le fasi alte di progettazione per questo adopereremo strumenti di design thinking i quali aiutano a condividere le specifiche ed accettare i vincoli di dominio. La definizione delle domande e l'esplorazione degli indizi insieme all'acquisizione delle sorgenti di dati che costituiranno il corpora sarà l'elemento base su cui ruoterà tutto il sistema cognitivo. Il corpora, e questa è una differenza importante, è sempre vivo: una volta creato deve essere continuamente aggiornato perché è su questo che l'applicazione si aggiorna. Infine le tecniche di training e di testing del sistema sono a completare questo capitolo.

Application of cognitive computing to internet of things

Le applicazioni cognitive incontrano l'internet delle cose e la gestione dei dati eterogenei in real time costruendo applicazioni specifiche per la risoluzione di problemi sempre più complessi. La gestione di una città intelligente, la gestione di un applicazione cognitiva per migliorare lo stato di salute di un paziente ed il suo benessere sono due esempi di applicazioni che passano attraverso la raccolta di dati che provengono da sensori e che devono essere elaborati in tempo utile per consentire ai "decisionari" di attivare le giuste decisioni per controllare i problemi.

The operation of AI platform

Per la maggior parte delle organizzazioni, l'integrazione di soluzioni di intelligenza artificiale all'interno dei flussi di lavoro aziendali, rappresenta, ad oggi, un lavoro complesso, costellato di fallimenti. Solo la metà dei progetti di intelligenza artificiale passa dalla fase pilota a quella della produzione. E, in quest'ultimo caso, mediamente servono circa otto-nove mesi per arrivare alla messa a punto completa di un sistema AI efficiente e integrato all'interno della propria operatività, conferendo a tale sistema un valore tangibile nella trasformazione del business. Ebbene, Gartner prevede che, entro il 2025 – complice la sempre maggiore maturità delle tecnologie

di AI Orchestration and Automation Platform – il 70% delle aziende avrà reso operative le proprie architetture di intelligenza artificiale, spostando così i progetti AI dall'idea alla produzione e rendendoli, nel concreto, utili.

Efficient Use of resources

Investire nell'intelligenza artificiale significa utilizzare in modo efficiente tutte le risorse a disposizione, compresi i dati e i modelli di calcolo. Un esempio viene proprio dalla *composite AI* che, coniuga tecniche diverse, tra cui deep learning, analisi dei grafi, modellazione basata su agenti e tecniche di ottimizzazione. Col risultato di un sistema di intelligenza artificiale "composito", in grado di risolvere una gamma più ampia di problemi aziendali. Ma è necessario che tali tecnologie (e i dati utilizzati per allenare gli algoritmi) vengano usate con la massima efficienza da chi ne possiede le competenze.

Responsible AI

"Una maggiore trasparenza e verificabilità delle tecnologie di intelligenza artificiale continua a rivestire un'importanza cruciale. Questa è l'AI responsabile". Tanto più necessaria quanto più l'AI arriva a sostituire le decisioni umane su larga scala, amplificando gli impatti positivi e negativi di tali decisioni. [L'attenzione deve focalizzarsi sui dati che vengono somministrati alla macchina](#). Se il dato è "buono", scevro da pregiudizi, allenerà un algoritmo altrettanto "buono" e libero da bias. L'attenzione, in particolare, deve essere alta nei confronti dei pregiudizi "impliciti", meno manifesti e, dunque, più difficili da individuare. Come, ad esempio, quelli che conducono a [decisioni discriminatorie nei confronti dell'età o del genere](#). Nei prossimi anni, dunque, le organizzazioni dovranno poter sviluppare e gestire sistemi di intelligenza artificiale "che siamo etici e trasparenti" e, per il conseguimento di tale obiettivo, tutto il personale dedito allo sviluppo di sistemi AI dimostri di possedere esperienza nella "responsible AI".

Approach that combines small data & wide data

In tema di nuovi trend dell'intelligenza artificiale, un'altra tendenza riguarda i "dati piccoli" (small data), vale a dire quei dati che hanno a che vedere con l'applicazione di tecniche analitiche che necessitano di un numero inferiore di informazioni. Tali dati insieme all'utilizzo di grandi set di dati (wide data o big data), consentono analisi più approfondite e aiutano a ottenere una visione più ampia del problema che si intende risolvere per mezzo dell'AI. L'Hype Cycle for Artificial Intelligence 2021 indica che, entro il 2025, il 70% delle organizzazioni sarà costretto a spostare la propria attenzione dai dati grandi a quelli piccoli, conferendo, in questo modo, più spazio all'analisi e all'incrocio dei dati stessi. Si tratta, di una tendenza osservata a partire dalla crisi pandemica, che ha causato un rapido decadere delle grandi mole di dati storici, correlati a situazioni passate, e rompendo, così, schemi precedenti. Adottare tecniche di analisi che coniugano "small data" e "wide data" significa, invece, lavorare con volumi diversi di dati ed estrarre valore da fonti diverse e non strutturate.

MATERIALE DIDATTICO

Indicare i libri di testo consigliati o altro materiale didattico utile.

[0] J.E. Kelly III and S. Hamm, *Smart Machines IBM's Watson and the Era of Cognitive Computing* (2014), ISBN: 978-0-231-16856-4.

[1] Alfio Gliozzo et al, *Building Cognitive Applications with IBM Watson Services: Volume 1 Getting Started*, (2017) IBM redbook , <https://ibm.co/30V63PU>

[2] J. Hurwitz, M. Kaufman, A. Bowles, *Cognitive Computing and Big Data Analytics* (2015), ISBN: 978-1-118-89662-4.

[3] Taiji Hagino, *Practical Node-RED Programming* (March 2021), ISBN 978-1-80020-159-0.

[4] Paul Deitel, Harvey Deitel, *Intro to Python for Computer Science and data Science*, (2020), ISBN-13: 978-0-13-540467-6.

[5] Paolo Maresca *Materiale delle lezioni e registrazioni del corso a.a. 2020-2021 COGNITIVE COMPUTING SYSTEMS* accesso su Teams con codice tr9xxpl link: <https://bit.ly/2SBD0t3>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Descrivere le modalità in cui verrà erogata la didattica: lezioni frontali, esercitazioni, laboratorio, tirocinio o stage seminari, altro.

Eventualmente indicare anche la strumentazione adottata (lezioni registrate, supporti multimediali, software specialistico, materiale on line ecc.).

Il docente utilizzerà lezioni frontali per circa la metà (50%) del corso, la restante parte sarà dedicato (50%) alle esercitazioni, seminari ed ai laboratori. I laboratori serviranno ad approfondire gli aspetti teorici e metodologici emersi nelle lezioni frontali. Data la spiccata correlazione del corso con l'evoluzione del cognitive computing, i laboratori potranno essere diversi di anno in anno e saranno chiamati anche esperti di aziende a tenere le tematiche più innovative. Seminari sulle nuove tendenze del cognitive computing, sono altresì previsti.

Esempio: "Il docente/i docenti utilizzeranno: a) lezioni frontali per circa il XXX% delle ore totali, b) esercitazioni per approfondire

praticamente aspetti teorici per XXXX ore o CFU c) laboratorio per approfondire le conoscenze applicate per XXX ore o CFU d) seminari, e) tirocinio o stage, d) altro, per approfondire tematiche specifiche per XXX ore o CFU.”

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

| L'esame si articola in prova | |
|--------------------------------------|---|
| scritta e orale | |
| solo scritta | |
| solo orale | X |
| discussione di elaborato progettuale | X |
| altro | |

| | | |
|---|---------------------|--|
| In caso di prova scritta i quesiti sono (*) | A risposta multipla | |
| | A risposta libera | |
| | Esercizi numerici | |

(*) È possibile rispondere a più opzioni

È opportuno riportare anche il numero e le tipologie di prove che concorrono alla valutazione finale ed eventuali prove intercorso con la loro collocazione temporale (ad es. in quale momento del corso sono previste: inizio, centro o fine), i risultati di apprendimento che ogni singola prova intende verificare nonché il peso di ciascuna prova sul giudizio finale.

b) Modalità di valutazione:

[questo campo va compilato solo quando ci sono pesi diversi tra scritto e orale o tra moduli se si tratta di insegnamenti integrati]

Indicare se l'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale e fornire, ove necessario, i pesi della prova scritta e della prova orale.

Nel caso della prova scritta a risposta multipla è consigliato indicare se verrà valutata la numerosità e la correttezza delle risposte.

Nel caso di insegnamenti integrati specificare l'articolazione e pesi dei diversi moduli ai fini della valutazione finale (ad es. "La prova orale consiste nella formulazione di XXXX domande (YYY una per ogni modulo)"; "Il voto finale sarà ponderato sui CFU di ciascun insegnamento e quindi così composto: Modulo XXX 3CFU 20% Modulo YYY 6CFU 40%, Modulo ZZZ 6CFU 40%" ecc.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
"LABORATORIO DI PROGRAMMAZIONE"
SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA BIOMEDICA

ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE):
MODULO (EVENTUALE):
CANALE (EVENTUALE):
ANNO DI CORSO (I, II, III): I
SEMESTRE (I, II): II
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

EVENTUALI PREREQUISITI

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione orientata agli oggetti, generica, concorrente e su rete, necessarie al corretto sviluppo di progetti software di piccole e medie dimensioni utilizzando i linguaggi di programmazione C++ e Python.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere i problemi di programmazione nell'ambito di applicazioni in linguaggio C++ e Python. Il percorso formativo intende fornire agli studenti le conoscenze e gli strumenti metodologici, teorici, e pratici necessari per riconoscere, analizzare e risolvere problemi legati allo sviluppo e testing di applicativi complessi. Questo consente agli studenti di padroneggiare lo sviluppo di progetti software avanzati in C++ e Python.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di essere in grado di risolvere problemi concernenti la programmazione procedurale e orientata agli oggetti, nonché l'analisi dei dati, utilizzando le competenze metodologiche, teoriche e pratiche di programmazione avanzata presentate al corso. Lo studente deve essere in grado di sviluppare applicazioni basate sul paradigma ad oggetti in C++, nonché applicazioni concorrenti, su rete, e per l'analisi di dati in Python.

PROGRAMMA-SYLLABUS

(3 cfu) Parte I: Introduzione alla programmazione - Ciclo di vita del software. Analisi, progettazione, programmazione, verifica e validazione, manutenzione. Paradigmi di progettazione/programmazione (procedurale, a oggetti, generica). Ricorsione. Programmazione Procedurale Avanzata: Variabili e puntatori, riferimento, e classi di memorizzazione in C++; le funzioni e il passaggio di parametri, Istruzioni condizionali e cicli, Tipi definiti dall'utente, Enumerativi ed Array.

(3 cfu) Parte II - Programmazione ad oggetti in C++ - Introduzione ai tipi di dati astratti. Il paradigma OO. Incapsulamento e Information Hiding. Classi e Oggetti. Ereditarietà. Polimorfismo. Operatori e overloading di operatori. Casting in C++. La gestione delle eccezioni. Gestione delle eccezioni in C++. La programmazione generica in C++: Classi e Funzioni modello; Derivazione e Template. La libreria standard del C++ (STL): Contenitori; Iteratori; Algoritmi generici, il concetto di stream per le operazioni di IO.

(2 cfu) Parte III – Da C++ a Python. Introduzione Python; Variabili, espressioni e istruzioni; Valori e tipi di dato; Principali costrutti; Stringhe, Liste, Tuple, e Dizionari; OOP in Python; Files; Debugging; Unit Testing.

(1 cfu) Parte IV – Aspetti Avanzati di Programmazione in Python - Principi di programmazione concorrente. Processo e thread. Concorrenza e parallelismo. Race condition. Creazione di un thread Python. Mutua Esclusione e Meccanismi di sincronizzazione Python. Programmazione di rete. Il modello Client-Server per le applicazioni distribuite. Ulteriori librerie e tecniche di comunicazione su rete. Data Science in Python (le librerie pandas, matplotlib, numpy, scipy)

MATERIALE DIDATTICO

Dispense

Slide del corso, codice sviluppato durante le esercitazioni guidate, esercizi di autovalutazione

Altri testi consigliati:

[1] C. Savy: **Da C++ a UML: guida alla progettazione** – McGraw-Hill, 2000.

[2] Tony Gaddis. **Introduzione a Python**. 5° ed. – Pearson, 2021

[3] Paul J. Deitel, Harvey M. Deitel. **Introduzione a Python. Per l'informatica e la data science**. Pearson, 2021

[4] **Python: How to Think Like a Computer Scientist interactive edition**

<https://runestone.academy/runestone/books/published/thinkcspy/index.html>

[5] Allen Downey. **Think Python** - <https://greenteapress.com/thinkpython2/thinkpython2.pdf>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni teoriche frontali ed esercitazioni guidate.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

| L'esame si articola in prova | |
|--------------------------------------|----|
| scritta e orale | X |
| solo scritta | |
| solo orale | |
| discussione di elaborato progettuale | |
| altro | X* |

| | | |
|---|---------------------|--|
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | |
| | A risposta libera | |
| | Esercizi numerici | |

* Prova al calcolatore di un progetto software in C++, Python

b) Modalità di valutazione:

L'esito della prova scritta è vincolante ai fini dell'accesso alla prova orale.

Si prevede inoltre la possibilità di pianificare prove intercorso eventualmente a sostituzione della prova scritta.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI) MACHINE LEARNING FOR ENGINEERING

SSD: SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI (ING-INF/05)

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA MECCANICA PER LA
PROGETTAZIONE E LA PRODUZIONE (M64)
ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: MAZZARIELLO CLAUDIO
TELEFONO:
EMAIL: claudio.mazzariello@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO: NON PERTINENTE
MODULO: NON PERTINENTE
CANALE: FG A-Z
ANNO DI CORSO: I
PERIODO DI SVOLGIMENTO:
CFU: 6

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

"None"

EVENTUALI PREREQUISITI

"None"

OBIETTIVI FORMATIVI

The aim of the course is to present the main Machine Learning techniques for solving classification problems, numerical prediction and clustering and the management and development methodologies of a Machine Learning process, from data preparation to results evaluation.

The course will also allow you to develop practical skills in solving real problems in the engineering field through Machine Learning techniques, thanks to exercises carried out with commercial and / or open source tools.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

The student must know the main Machine Learning and Deep Learning algorithms. The student must also demonstrate that he is able to choose the most suitable Machine Learning algorithm to solve a specific classification and / or numerical prediction and / or clustering problem, based on the requirements of the problem itself. Finally, the student must demonstrate that he is able to choose the appropriate data preparation techniques and must know the techniques necessary for evaluating the performance of Machine Learning and Deep Learning algorithms.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

The student must demonstrate to be able to solve real problems, in engineering, classification, numerical prediction or clustering using Machine Learning techniques. The student must also demonstrate that he can correctly evaluate the performance of the systems he builds.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Introduction to Artificial Intelligence (AI): past, present, future, opportunities and ethics. (0.25 CFU)

Introduction to Machine Learning (ML): basic concepts, mathematical, statistical, and computational fundamentals. Styles of learning: regression, classification and clustering. (0.5 CFU)

Performance evaluation: training and testing, cross-validation, model selection. (0.5 CFU)

ML Classical Techniques: Linear and Logistic Regression, Naïve Bayes, Decision Trees, SVM, Neural Networks, KNN, k-Means. (2.5 CFU)

Feature Engineering basics: Attribute Selection, PCA. (0.25 CFU).

Ensemble Learning: Bagging, Boosting, Randomization (0.25 CFU).

Deep Learning: Convolutional Neural Networks, Deep Autoencoders and Recurrent Neural Networks. (0.5 CFU)

Tools and packages for Machine Learning (KNIME, WEKA, Python scikit-learn and Keras libraries). (0.75 CFU)

Application of ML techniques for engineering applications: energy analytics, industry 4.0, electronics, mechanics, and fluid-dynamics. (0.5 CFU)

MATERIALE DIDATTICO

- Ian H. Witten, Frank Eibe, Mark A. Hall, "Data mining: practical machine learning tools and techniques", 3rd ed., The Morgan Kaufmann.
- Lecture notes by the teacher

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

The teacher will use:

- a) lectures for about 60% of the total hours,
- b) exercises to practically deepen theoretical aspects for about 35% of the total hours,

c) seminars for about 5% of the total hours.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame

- Scritto
- Orale
- Discussione di elaborato progettuale
- Altro

In caso di prova scritta i quesiti sono

- A risposta multipla
- A risposta libera
- Esercizi numerici

b) Modalità di valutazione

The discussion of the project work weighs 1/10, while the oral exam weighs 9/10.



COURSE DETAILS

"IMAGE AND VIDEO PROCESSING FOR AUTONOMOUS DRIVING"

SSD ING-INF/03 *

DEGREE PROGRAMME: AUTONOMOUS VEHICLE ENGINEERING (MOVE)

ACADEMIC YEAR 2022-2023

GENERAL INFORMATION – TEACHER REFERENCES

TEACHER: LUISA VERDOLIVA

PHONE: 0817683929

EMAIL: VERDOLIV@UNINA.IT

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE (IF APPLICABLE): NO

MODULE (IF APPLICABLE): -

CHANNEL (IF APPLICABLE): -

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME (I, II, III): II

SEMESTER (I, II): II

CFU: 6

REQUIRED PRELIMINARY COURSES (IF MENTIONED IN THE COURSE STRUCTURE “REGOLAMENTO”)

None

PREREQUISITES (IF APPLICABLE)

None

LEARNING GOALS

The aim of the course is to provide students with basic notions and algorithms for processing digital images and videos, with special focus on autonomous driving vehicles. Beyond providing the mathematical and conceptual tools, the course aims to provide the knowledge needed to develop the main algorithms for image processing in Python.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

The student needs to show ability to know and understand methodological tools for image analysis and processing. Such tools will allow the student to solve more complex problems such as working in the space domain and in the temporal domain.

Applying knowledge and understanding

The student needs to show ability to solve problems regarding the image analysis and processing and to choose the most suitable technique for solving a practical problem.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

[2 CFU] Basics of Image/video processing. Enhancement in the spatial domain. Basic intensity transformations: linear and non-linear pixelwise operations. Equalization of the histogram. Bit-plane slicing. Arithmetic operations. Geometric operations. Basics of spatial filtering. Smoothing and sharpening filters. Median filter. RGB representation.

[0,5 CFU] Segmentation. Edge based techniques. Point detection and line detection. Roberts, Prewitt and Sobel filters. Gradient thresholding. Zero-crossing of the Laplacian. Canny edge detector. Class-based techniques. K-means algorithm.

[0,5 CFU] Texture analysis and image classification. Local and global descriptors. Local Binary Pattern and its variants.

[2 CFU] Deep learning for image processing. Basics of Convolutional Neural Networks (CNNs), Backpropagation, Loss function, Learning rate. Image classification by fine-tuning, CNNs pretrained on ImageNet. Augmentation strategies. Main CNNs models: LeNet, AlexNet, VGG, InceptionNet, ResNet, DenseNet, XceptionNet, EfficientNet. Detection and localization of objects by semantic segmentation. Encoder-Decoder architectures. U-Net. Attention mechanisms. Interpretability. Generative models, Generative Adversarial networks (GANs). Security issues in deep learning, adversarial examples.

[1 CFU] Applications. Examples of advanced applications for autonomous driving. Approaches based on deep learning for object recognition (pedestrian, car, traffic sign), semantic segmentation and objects tracking in videos of streets.

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Recommended books

- R.C.Gonzalez, R.E.Woods: “Digital image processing”, 3rd edition, Prentice Hall, 2008.
- R. Szeliski, “Computer Vision: Algorithms And Applications”, Springer, 2nd edition, 2022.
- M. Nielsen: “Neural Networks and Deep learning”, available on-line, Dec. 2019.

TEACHING METHODS

Teacher will use: a) lectures for approx. 60% of total hours; b) laboratories for approx. 40% with guided exercises for the development of software applications in Python to better understand the studied techniques. The topics of the lectures and exercises are explained with the help of electronic blackboards and/or detailed transparencies, made available to the student in the teaching material via the official website. Recording of the lectures is also provided.

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

Exam type:

| Exam type | |
|--------------------|---|
| written and oral | X |
| only written | |
| only oral | |
| project discussion | |
| Other | |

The exam consists of a written and an oral test. The written test consists in the development of a practical project in Python on advanced image processing applications. The oral exam consists of two questions on problems/algorithms explained during the course.



COURSE DETAILS

" MACHINE LEARNING AND BIG DATA "

SSD ING-INF/05

DEGREE PROGRAMME: AUTONOMOUS VEHICLE ENGINEERING (MOVE)

ACADEMIC YEAR 2022-2023

GENERAL INFORMATION – TEACHER REFERENCES

TEACHER: GIANCARLO SPERLÌ

PHONE:

EMAIL: GIANCARLO.SPERLI@UNINA.IT

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE (IF APPLICABLE): NO

MODULE (IF APPLICABLE): -

CHANNEL (IF APPLICABLE): -

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: I

SEMESTER: II

CFU: 9

REQUIRED PRELIMINARY COURSES

None.

PREREQUISITES

None.

LEARNING GOALS

The course aims to present the main machine learning techniques, covering all aspects from data preparation to performance evaluation, through practical exercises with commercial and/or open-source tools. An introduction to Big Data and Data Analytics lifecycle is also provided, concerning the design of large and complex databases and the process of modelling, acquiring, sharing, analysing, and visualizing the information embedded into Big Data.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

The student must know the main Machine Learning (ML) algorithms and must demonstrate the ability to choose the most suitable ML algorithm to solve a specific problem, based on the requirements of the problem itself. The student must also know the techniques to be used for properly evaluating the performance of ML algorithms.

The students must know the main Big Data frameworks in order to acquire, model, share, analyze and visualize large amount of information. The student must also demonstrate that he/she is able to choose the most suitable framework to deal with different tasks.

Applying knowledge and understanding

The student must demonstrate to be able to solve real problems by using Machine Learning techniques. The student must also demonstrate that he/she can properly evaluate the performance of a machine-learning based system.

The student must demonstrate to be able to manage, model and analyze large amount of data through different Big Data frameworks for dealing with different tasks, also evaluating the performance of the designed architecture.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

Data Mining and Machine Learning. Knowledge representation: Trees, Rules, Clusters. (0.5 CFU)

Basic Machine Learning methods: Statistical Modelling, Linear Models, Instance-based learning, Clustering. (0.75 CFU)

Performance Evaluation: Cross-Validation, Cost-sensitive classification, ROC curves. (0.5 CFU)

Advanced Machine Learning: Decision Trees, Support Vector Machines, MLP (0.75 CFU)

Data transformation: attribute selection, PCA (0.25 CFU).

Deep Learning: training and performance evaluation of Deep Networks, Convolutional Neural Networks. (0.75 CFU)

Introduction to database systems. Data model for Big Data. NoSQL database: Key-value - Column-family, Graph database systems. (1.5 CFU)

Introduction to Big Data systems (BD): definition of a BD system. The Hadoop ecosystem. Yarn. Pig. Hive. Giraph. Spark. (2.5 CFU)

Introduction to Big Data Analytics (BDA): BDA Lifecycle: knowledge discovery in the database, data preparation, model planning, model building, data visualization. (1 CFU)

Examples of commercial and open-source Tools: Oracle, IBM Business Analytics, Microsoft Power BI, Microsoft Azure. AWS. SAP Hana (1 CFU).

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Data mining: practical machine learning tools and techniques. — 4th ed. / Ian H. Witten, Frank Eibe, Mark A. Hall, Christopher J. Pal —The Morgan Kaufmann, 2017.

Mining of Massive Datasets”, J. Leskovec, A. Rajaraman, J.D.Ullman, 2014 (online book).

TEACHING METHODS

Lectures and laboratory activities.

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

| Exam type | |
|---------------------------|---|
| written and oral | |
| only written | |
| only oral | X |
| project discussion | |
| other | |



COURSE DETAILS

" MACHINE LEARNING FOR PRODUCT AND PROCESS ENGINEERING "

SSD ING-IND/25, ING-IND/26, ING-IND/27

DEGREE PROGRAMME: CHEMICAL ENGINEERING MASTER'S DEGREE

ACADEMIC YEAR 2023-2024

GENERAL INFORMATION – TEACHER REFERENCES

TEACHER: FRANCESCO DI NATALE
PHONE: 0817682246 - 0817682967
EMAIL: FRANCESCO.DINATALE@UNINA.IT

TEACHER: MASSIMILIANO M. VILLONE
PHONE: 0817682391
EMAIL: MASSIMILIANO.VILLONE@UNINA.IT

TEACHER: DANILO RUSSO
PHONE:
EMAIL: DANILO.RUSSO3@UNINA.IT

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE (IF APPLICABLE): MACHINE LEARNING FOR PRODUCT AND PROCESS ENGINEERING

MODULE: MACHINE LEARNING FOR PROCESS DESIGN AND OPTIMIZATION

SSD OF THE MODULE (IF APPLICABLE): ING-IND/25

CHANNEL (IF APPLICABLE): FG

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: II

SEMESTER: II

CFU: 2

INTEGRATED COURSE (IF APPLICABLE): MACHINE LEARNING FOR PRODUCT AND PROCESS ENGINEERING

MODULE: MACHINE LEARNING FOR FORMULATED PRODUCT DEVELOPMENT

SSD OF THE MODULE (IF APPLICABLE): ING-IND/26

CHANNEL (IF APPLICABLE): FG

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: II

SEMESTER: II

CFU: 2

INTEGRATED COURSE (IF APPLICABLE): MACHINE LEARNING FOR PRODUCT AND PROCESS ENGINEERING

MODULE: GAUSSIAN-PROCESS-AIDED OPTIMIZATION OF CHEMICAL REACTIONS AND PRODUCTS

SSD OF THE MODULE (IF APPLICABLE): ING-IND/27

CHANNEL (IF APPLICABLE): FG

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: II

SEMESTER: II

CFU: 2

REQUIRED PRELIMINARY COURSES (IF MENTIONED IN THE COURSE STRUCTURE “REGOLAMENTO”)

There are no required preliminary courses.

PREREQUISITES (IF APPLICABLE)

There are no prerequisites.

LEARNING GOALS

Starting from significant case studies, the course introduces the computational instruments and techniques for data analytics and data science applications to product and process engineering.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

The course provides students with the basic knowledge and methodological tools to understand the most relevant aspects of the application of data analytics and data science techniques (in particular, machine/deep learning) for the design/optimization and analysis of characteristic systems of product and process engineering.

Applying knowledge and understanding

The course provides students with the methodological tools to apply appropriate data analytics and data science techniques for the analysis and design/optimization of systems characteristic of product and process engineering through appropriate software tools.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

- *Elementi introduttivi sulle tecniche di data analytics e data science per l'ingegneria di prodotto e di processo.*
 - *Data analytics: data collection, cleaning, and visualization, feature selection and extraction (feature engineering), supervised and unsupervised learning algorithms.*
 - *Data Science: examples of machine learning models (linear regression, decision trees, XGboost, k-nearest neighbors, etc), examples of deep learning models (artificial neural networks, convolutional neural networks).*

- *Presentation of case studies related to*
 - *surrogate models for the analysis of chemical plant performances,*
 - *application of deep learning techniques in the formulated liquids industry,*
 - *integration of surrogate models in the closed-loop optimization of formulated products and chemical,*
 - *Gaussian processes as surrogate models for the prediction of chemical-physical properties of products of industrial interest and yield and selectivity of chemical processes.*

- *Examples of application of the aforementioned machine learning techniques to datasets relating to product and process engineering.*

READINGS/BIBLIOGRAPHY

- *Course notes*
- *Suggested textbooks*

TEACHING METHODS

- *Frontal lessons*
- *Tutorials on the use of computational tools*
- *Hands-on sessions in the classroom*

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

a) Exam type:

For *integrated courses*, there should be one exam.

| Exam type | |
|--------------------|---|
| written and oral | |
| only written | |
| only oral | |
| project discussion | X |
| other | |

| | | |
|--|-------------------------|--|
| In case of a written exam, questions refer to: (*) | Multiple choice answers | |
| | Open answers | |
| | Numerical exercises | |

(*) multiple options are possible

b) Evaluation pattern:

The final mark will be weighted on CFU of each module and therefore will be made up of: Module A 2 CFU 33.3%, Module B 2 CFU 33.3%, Module C 2 CFU 33.3%.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI) BIO INSPIRED GENERATIVE DESIGN FOR ADDITIVE MANUFACTURING

**SSD: DISEGNO E METODI DELL'INGEGNERIA INDUSTRIALE (ING-
IND/15)**

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA MECCANICA PER LA
PROGETTAZIONE E LA PRODUZIONE (M64)
ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: GLORIA ANTONIO
TELEFONO:
EMAIL: antonio.gloria@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO: NON PERTINENTE
MODULO: NON PERTINENTE
CANALE: FG A-Z
ANNO DI CORSO: I
PERIODO DI SVOLGIMENTO:
CFU: 9

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

“None”

EVENTUALI PREREQUISITI

“None”

OBIETTIVI FORMATIVI

The Course deals with the Bio-Inspired Generative Design (GD), a design method that mimics nature's evolutionary approach to design, and Additive Manufacturing. GD is used to design complex shapes and optimized forms according to forces, cost, weight, environmental impact and other data that may influence the design. Starting from design goals and using machine learning algorithms, GD will allow to explore all of the possible combinations of solutions in order to find the best option. Taking advantage of the Additive Manufacturing processes which allow to

manufacture complex geometries, in many cases technically unfeasible using conventional manufacturing methods, such shapes can be realised. Thus, the main steps from concept design to Additive Manufacturing will be developed. The presented concepts will be exploited to develop a project work, in which the students, grouped in teams, will work together on a specific case study. The CREAMI and RICREAMI laboratories will be available to the students.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Knowledge and understanding

The student must demonstrate that he/she has achieved an adequate knowledge of strategies towards the design for Additive Manufacturing with a special emphasis on the following features: -

Knowledge of technical language for the communication of technical information at the international level; - Knowledge of the basic methodologies of Design for Manufacturability and Assembly/Design for Additive Manufacturing; - Knowledge and understanding of International Standards; - Knowledge of the basic principles in design and development of sustainable and smart products; - Knowledge of the basic methodologies for the assessment of the functional analysis of Additive Manufactured Products; - To define biomimetic and bio-inspired approach; - To distinguish among different cellular structures - lattice structures - To describe topology optimization algorithms; - To illustrate the main features of generative design; - To outline the potential of developing custom-made and lightweight products.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Applying knowledge and understanding

At the end of the Course the student must demonstrate that he/she has acquired notions of Bio-Inspired Generative Design for Additive Manufacturing and, in particular, the following abilities: -

Knowledge and planning of the functional design of additive manufactured components of mechanical systems and products by applying the basic principles of bio-inspired and generative design; - Understanding of the effect of the manufacturing errors on the functional and mechanical characteristics of the additive manufactured products; - Interpretation of concepts for the design of smart and sustainable products towards the ecological transition; - Understanding of verification methodologies and technical reference standards; - To modify conventional methodologies and to rewrite/organise novel functional analyses for innovative products, as a consequence of product reimagination from a new standpoint: - To solve technical problems related to the simultaneous optimization of several response variables (e.g., mechanical and further functional features) as well as to the development of multi-material structures; - Correct use of the developed products according to the specific applications, and production of reference documentation; - Management and implementation of several algorithms to develop innovative products.

PROGRAMMA-SYLLABUS

The course contents will cover the following aspects: · Key Advantages of the Additive Manufacturing (AM) techniques. · Design for Manufacturability and Assembly (DfMA) / Design for Additive Manufacturing (DfAM). · Design for Additive Manufacturing in sustainable and smart product design and development: Trends and Opportunities. · DfAM and International standards. · Understanding the influence of AM roughness, geometrical and dimensioning tolerances, mechanical properties, process parameters on DfAM. · From Darwin's Theory of Natural Selection to Generative Design. Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms. Genetic Algorithms. Generative Design. · Cellular Structures. Lattice structures and 3D CAD Modelling. · Geometrically Hybrid Lattice Structures and Solid-Lattice Hybrid Structures. · Topology Optimization Algorithms. Gradient-Based Optimization Algorithms. Optimality Criteria Methods. Integrated Design Methods. · Bioinspired architectures for sustainable and smart products · Design for Additive Manufacturing of custom-made advanced, lightweight and multi-material structures. · Practical lessons based on project work concerning innovative architectures for sustainable and smart products.

MATERIALE DIDATTICO

All students will find technical information and/or teaching material related to classroom presentations and exercises on the teacher's website and/or TEAMS platform. ASTM and UNI-EN-ISO standards will be available.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

a) Frontal lessons for about 70 percent of the program hours, and classroom exercises for the remaining 30 percent. b) Exercises for practical insight into the theoretical features, with the aim to discuss about technical works and to manage learning tests towards the self-assessment.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame

- Scritto
- Orale
- Discussione di elaborato progettuale
- Altro

In caso di prova scritta i quesiti sono

- A risposta multipla
- A risposta libera
- Esercizi numerici

b) Modalità di valutazione

The minimum requirements for passing the exam concern the following features: i) knowledge of the basic principles of the Design for Additive Manufacturing, bio-inspired and generative design; ii) knowledge of dedicated algorithms and optimality criteria methods; iii) ability to design cellular and lattice structures with optimized properties. The students must use textbooks, manuals or

collection of technical standards during the oral test. The students with SLD (Specific Learning Disorders) or disabilities can use teaching support material, such as synoptic tables and multimedia devices, with the aim to help the learning process. The oral test focuses on the subjects of the program and starts from the discussion of a project work made by the students.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI) STATISTICA PER LA TECNOLOGIA

SSD: STATISTICA PER LA RICERCA SPERIMENTALE E TECNOLOGICA (SECS-S/02)

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA MECCANICA PER LA
PROGETTAZIONE E LA PRODUZIONE (M64)
ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE: PALUMBO BIAGIO
TELEFONO: 081-7682387
EMAIL: biagio.palumbo@unina.it

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO: NON PERTINENTE
MODULO: NON PERTINENTE
CANALE: FG A-Z
ANNO DI CORSO: II
PERIODO DI SVOLGIMENTO: SEMESTRE I
CFU: 12

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso è di tipo metodologico-applicativo e ha come obiettivo quello di: trasferire all'allievo le nozioni fondamentali del calcolo delle probabilità, dell'analisi dei dati e dell'inferenza statistica e delle loro possibili applicazioni in campo ingegneristico, con particolare riferimento ai fenomeni tecnologici ed al controllo statistico della qualità.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Alla fine del corso lo studente dovrà dimostrare di conoscere i modelli probabilistici e gli strumenti e metodi statistici elencati nel programma. Dovrà altresì dimostrare di averne compreso le proprietà e caratteristiche, le ipotesi sulle quali sono fondati, le finalità di utilizzo ed i limiti applicativi.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il corso intende trasmettere allo studente le competenze e le capacità operative necessarie per risolvere, con senso critico, semplici ma realistici problemi applicativi e/o per modellare ed analizzare fenomeni non deterministici non eccessivamente complessi. Alla fine del corso lo studente dovrà dimostrare di saper selezionare e/o costruire strumenti appropriati, seguendo i modelli di ragionamento forniti attraverso le esercitazioni e/o per mezzo degli esempi discussi in aula.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1.5 CFU] Algebra degli eventi. Elementi di calcolo combinatorio. Definizione di probabilità. Probabilità dell'unione. Probabilità condizionata. Probabilità dell'intersezione. Indipendenza stocastica. Teorema delle probabilità totali. Teorema di Bayes. Applicazioni in campo scientifico e tecnologico. Variabili aleatorie. Distribuzioni di probabilità. Media, varianza, covarianza, moda, mediana e quantili.

[1 CFU] Modelli di variabili aleatorie: bernoulliana, binomiale, geometrica, binomiale negativa, ipergeometrica, Poisson, uniforme, esponenziale, normale. Teorema del limite centrale. Modelli inferenziali: Chi-quadrato, T-Student e F-Fisher.

[2 CFU] Studio sperimentale di variabili aleatorie. Distribuzioni empiriche. Rappresentazioni grafiche. Popolazione, campionamento, campioni casuali e statistiche campionarie. Stima parametrica puntuale. Metodo dei momenti e della massima verosimiglianza. Stima parametrica per intervallo. Intervalli di confidenza per i parametri della popolazione gaussiana: variabili t di student e chi quadrato. Intervallo di confidenza per il parametro p della popolazione bernoulliana. Test delle ipotesi. Ipotesi nulla, ipotesi alternativa, errore del I tipo, errore del II tipo, livello di significatività e potenza di un test. Test sui parametri della popolazione gaussiana. Test per il confronto tra medie di popolazioni gaussiane. Test per il confronto tra varianze di popolazioni gaussiane: variabile aleatoria di Fisher.

[1.5 CFU] Controllo statistico della qualità: carte di controllo Shewhart per variabili ed attributi; indici di capacità di processo.

MATERIALE DIDATTICO

P. Erto, 2008, Probabilità e statistica per le scienze e l'ingegneria 3/ed, McGraw-Hill.

Altri libri raccomandati: Montgomery, D. C. (2014) Introduction to Statistical Quality Control. 7th edition. John Wiley & Sons.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO-MODULO

Didattica frontale (46/48 h), esercitazioni (22/24 h) e seminari applicativi (0/2/4 h).

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame

- Scritto
- Orale
- Discussione di elaborato progettuale
- Altro

In caso di prova scritta i quesiti sono

- A risposta multipla
- A risposta libera
- Esercizi numerici

b) Modalità di valutazione

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta (60%) e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale (40%). Sono illustrati allo studente gli elementi che sono stati presi in considerazione per determinare il voto finale.



COURSE DETAILS

" STATISTICAL LEARNING FOR INDUSTRIAL ENGINEERING "

SSD SEC-S/02

DEGREE PROGRAMME: INGEGNERIA MECCANICA PER LA PROGETTAZIONE E LA PRODUZIONE

ACADEMIC YEAR 2022 - 2023

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

TEACHER: ANTONIO LEPORE

PHONE: 0817682368

EMAIL: ANTONIO.LEPORE@UNINA.IT

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: I o II

SEMESTER: I

CFU: 6

REQUIRED PRELIMINARY COURSES

Statistica per la Tecnologia

PREREQUISITES

“none”

LEARNING GOALS

Problem-based learning course whose aim is to train students on the application (illustrated through open-source statistical software R) of interpretable statistical learning techniques for industrial engineering, possibly scalable up to big data frameworks. Every student should choose a data analysis project gathered along the course by experts in industrial engineering fields and develop it by working in a team. Students will have the opportunity to improve their ability to recognize and implement the most suitable statistical learning technique for the problem at hand as well as communicate the results and impact of their analysis also to non-statisticians.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

Students will have the opportunity to improve their ability to recognize and implement the most suitable statistical learning technique for the engineering problem at hand.

Applying knowledge and understanding

Students will be able to work in a team, to get the skills for the decision-making developing a real-case data analysis project as well as communicate the results and impact of their analysis.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

Overview and Course Objectives. *What Is Statistical Learning. Supervised Versus Unsupervised Learning. Importance of interpretable statistical Learning. Statistical Process Monitoring and Control.*

Elements of Unsupervised Learning. *Principal Component analysis. Clustering Methods.*

Elements of supervised learning. *Multivariate Linear Regression models. Least Squares Estimation. Inferences About the Regression Model. Cross-Validation. Linear Model Selection and Regularization. Best Subset Selection. Stepwise Selection. Choosing the Optimal Model. Shrinkage Methods. Ridge Regression. The Lasso. Selecting the Tuning Parameter. Dimension Reduction Methods. Principal Components Regression. Partial Least Squares. Considerations in High Dimensions. An Overview of Classification methods.*

Engineering Approach to Modern Process Monitoring and Control. *The multivariate quality-control problem. The Hotelling control chart. Regression adjustment. Interpretation of out-of-control signals. Latent structure methods.*

Beyond multivariate data analysis. *Introduction to functional data analysis. Statistical monitoring of functional data. Engineering examples through software environment.*

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Johnson, R.A., Wichern, D.W. (2007) Applied Multivariate Statistical Analysis (6th edition), Prentice Hall, Upper Saddle River.
Montgomery, D. C. (2014) Introduction to Statistical Quality Control. 7th edition. John Wiley & Sons.
James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2013) An introduction to statistical learning. New York: Springer.

TEACHING METHODS

Problem-based learning. Flipped classroom. Lectures. Lab Sessions and Seminars. Peer-grading. Team work. Interactive and anonymous quiz games.

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

a) Exam type:

| Exam type | |
|--------------------|---|
| written and oral | X |
| only written | |
| only oral | |
| project discussion | X |
| other | |

| | | |
|--|-------------------------|---|
| In case of a written exam, questions refer to: (*) | Multiple choice answers | X |
| | Open answers | |
| | Numerical exercises | X |

(*) multiple options are possible

b) Evaluation pattern:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the peer-graded project discussion, the written exam, and the successive discussion during the oral exam. The final evaluation is discussed and highlighted to each student.

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Chimica e Tecnologia della Catalisi

TITOLO INSEGNAMENTO IN INGLESE Chemistry and Technology of Catalysis

Docente: Vincenzo Busico

| SSD | CFU | Anno di corso | | | Semestre | | Lingua |
|---------|-----|---------------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | Italiano |
| CHIM/03 | 6 | X | | | | X | |

Insegnamenti propedeutici previsti: Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento ha due obiettivi principali: 1) Fornire i fondamenti della catalisi organometallica su superfici, con particolare riferimento a catalizzatori solidi nanostrutturati ed a sistemi catalitici supportati su matrici vetrose a morfologia controllata, utilizzando come esempi di applicazione due processi produttivi industriali di largo volume (catalisi Fischer-Tropsch e Ziegler-Natta); 2) Introdurre i metodi di High Throughput Experimentation integrati con strumenti di Intelligenza Artificiale (es. Machine Learning, Deep Learning) per lo screening veloce e l'ottimizzazione mediante modellazione statistica predittiva di formulazioni catalitiche organometalliche.

PROGRAMMA

Parte 1. Modelli strutturali delle superfici di cristalli metallici e ionici. Solidi nanostrutturati. Supporti vetrosi a morfologia controllata. Adsorbimento fisico e chimico. Cinetica chimica delle reazioni su superfici. Catalisi Fischer-Tropsch. Catalisi di polimerizzazione Ziegler-Natta del propene.

Parte 2. Introduzione teorica e pratica alle metodologie di High Throughput Experimentation (HTE): obiettivi, strumentazioni, applicazioni. Digitalizzazione ed archiviazione di dati di HTE. Modellazione statistica di dati di HTE mediante algoritmi di Intelligenza Artificiale (es. Machine Learning, Deep Learning). Screening ed ottimizzazione di formulazioni catalitiche organometalliche mediante strumenti integrati di HTE/IA.

MODALITA' DIDATTICHE

Lezioni frontali. Esercitazioni.

MATERIALE DIDATTICO

Copia delle diapositive mostrate dal docente nelle lezioni frontali – Link ad ipertesti ed articoli di letteratura scientifica rilevanti. N.B. Tutto il materiale di cui sopra è reso disponibile agli studenti per il downloading dal sito web del docente alla data di inizio del semestre.

MODALITA' DI ESAME

| | | | | | | |
|---|---------------------|--|-------------------|--|-------------------|---|
| L'esame si articola in prova | Scritta e orale | | Solo scritta | | Solo orale | X |
| In caso di prova scritta i quesiti sono | A risposta multipla | | A risposta libera | | Esercizi numerici | |
| | | | | | | |

TEACHING SUMMARY FOR THE COURSE Chemistry and Technology of Catalysis

Teacher: Francesco Cutugno

| SSD | CFU | Year | | | Semester | | Language |
|---------|-----|------|----|--|----------|----|----------|
| | | I | II | | I | II | Italian |
| CHIM/03 | 6 | X | | | | X | |

Propaedeutic courses: None

OBJECTIVES

The course has two main objectives: 1) Provide the fundamentals of organometallic catalysis on surfaces, with special reference to nanostructured solids and supported systems on controlled-morphology glasses, and using as exemplifications two large-volume industrial processes (namely, Fischer-Tropsch and Ziegler-Natta catalysis); 2) Introduce the methods of High Throughput Experimentation integrated with instruments of Artificial Intelligence (e. g. Machine Learning, Deep Learning) for the rapid screening of organometallic catalyst formulations and optimization thereof by means of predictive statistical modeling.

PROGRAM

Part 1. Structural models of metallic and ionic crystal surfaces. Nanostructured solids. Controlled-morphology glass supports. Physical and chemical adsorption. Chemical kinetics on surfaces. Fischer-Tropsch catalysis. Ziegler-Natta catalytic polymerization of propene.

Part 2. Introduction to the theory and practice of High Throughput Experimentation (HTE): aims, equipment, applications. Implementation of digital HTE databases. Statistical modeling of HTE data by means of Artificial Intelligence algorithms (e. g. Machine Learning, Deep Learning). Rapid screening and optimization of organometallic catalyst formulations by means of integrated HTE/AI instruments.

TEACHING MODALITIES

Frontal lessons. Hands-on training.

TEACHING MATERIALS

Copies of all lecture slides. Link to relevant hypertexts and scientific publications.

Note: the aforementioned material will be made available for downloading prior to the course opening.

EXAM

| | | | | | | |
|---|------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-----------|-------------------------------------|
| The exam is given in form | Written and oral | <input type="checkbox"/> | Written only | <input type="checkbox"/> | Oral only | <input checked="" type="checkbox"/> |
| In case of written exams, the tests are | Multiple choice | <input type="checkbox"/> | Open answer | <input type="checkbox"/> | Numeric | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | | |



COURSE DESCRIPTION TRANSPORTATION AND MOBILITY WITH UAS

SSD: TRASPORTI (ICAR/05)

DEGREE PROGRAMME: TRANSPORTATION ENGINEERING AND MOBILITY (P55)
ACADEMIC YEAR 2022/2023

COURSE DESCRIPTION

TEACHER: BIFULCO GENNARO NICOLA
PHONE: 081-7683883
EMAIL: gennaronicola.bifulco@unina.it

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE: U4955 - UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS FOR TRANSPORTATION AND MOBILITY
MODULE: U4956 - TRANSPORTATION AND MOBILITY WITH UAS
CHANNEL: FG A-Z
YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: I
PERIOD IN WHICH THE COURSE IS DELIVERED: SEMESTER II
CFU: 3

REQUIRED PRELIMINARY COURSES

None

PREREQUISITES

None

LEARNING GOALS

Unmanned Aircraft Systems (UAS) may in the relatively near future become a new mode of transport to effectively address the delivery of goods and, in the long term, the mobility of people. Consequently, the modelling of UAS is expected to be progressively incorporated into transport and mobility modelling frameworks for both planning and operational purposes.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

Students will understand modelling methods for the assessment of single-mode and intermodal performances of the systems, as well as methods and techniques for simulating the demand for mobility, the supply of transport services, the supply/demand interaction, the economic, territorial, and environmental impacts.

Applying knowledge and understanding

Students will learn how to apply specific methodologies and tools for testing service patterns under technological, functional and economic constraints.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

The module will discuss all the issues related to the simulation for planning and operational purposes of UAS services, with specific regard to methodologies and tools for the modelling of UAS supply, demand and demand/supply interaction. Supply will be defined at both the link and the network level. The module will concentrate on the following topics:

- 1. Supply models: link-level and network-level characterization of UAS;*
- 2. Demand for UAS and demand elasticity with respect to UAS performances;*
- 3. Supply/demand interaction and assessment of impacts and externalities.*

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Slides, lecture notes, technical papers, regulation documents.

TEACHING METHODS OF THE COURSE (OR MODULE)

Lectures, laboratory activities and exercises. Proposal of practical applications of the concepts learnt through simple exercises.

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

a) Exam type

- Written
- Oral
- Project discussion
- Other

In case of a written exam, questions refer to

- Multiple choice answers
- Open answers
- Numerical exercises

b) Evaluation pattern



COURSE DESCRIPTION RESILIENCE OF TRANSPORTATION SYSTEMS

SSD: TRASPORTI (ICAR/05)

DEGREE PROGRAMME: TRANSPORTATION ENGINEERING AND MOBILITY (P55)
ACADEMIC YEAR 2022/2023

COURSE DESCRIPTION

TEACHER: BIFULCO GENNARO NICOLA
PHONE: 081-7683883
EMAIL: gennaronicola.bifulco@unina.it

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE: NOT APPLICABLE
MODULE: NOT APPLICABLE
CHANNEL: FG A-Z
YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: I
PERIOD IN WHICH THE COURSE IS DELIVERED: SEMESTER II
CFU: 6

REQUIRED PRELIMINARY COURSES

None

PREREQUISITES

None

LEARNING GOALS

The course deals with the resilience of transport infrastructures. Starting from local aspects due to service stress, ageing deterioration and rare catastrophic events, the effect on networks and broad areas is estimated/forecasted, including the impact in terms of social and economic terms.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

Students gain knowledge about network resilience and understand how the local susceptibility of transport infrastructure propagates through networks. Students apply the acquired knowledge to a case study that explores the effects of failures in transport infrastructure and services.

Applying knowledge and understanding

The acquired knowledge enables students to further understand, also in the working environment, the methodological and operational principles of resilience-based design in modern transport networks. Students will be able to assess the resilience of transportation networks from the point of view of both public authorities and operators of infrastructures.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

General Principles Theory of transportation systems applied to transportation resilience.

- local impact
- extended disruption (network impact)

Network re-configuration effects

- Dynamic processes toward a new equilibrium
- Instability

Wide-area KPI (Key Performance Indicators)

- Area-wide accessibility
- Transport times/costs
- Social and economic effects

Practical approaches

- Methods and tools based on traffic assignment matrices.
- Identification of the “strategic” network (transportation infrastructures and services to be preserved)

Laboratory activities and exercises, project development

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Slides, lecture notes, technical papers.

TEACHING METHODS OF THE COURSE (OR MODULE)

Lectures, laboratory activities, project development and exercises.

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

a) Exam type

- Written
- Oral
- Project discussion
- Other

In case of a written exam, questions refer to

- Multiple choice answers
- Open answers
- Numerical exercises

b) Evaluation pattern



COURSE DESCRIPTION STRUCTURAL HEALTH MONITORING FOR INFRASTRUCTURES

SSD: TECNICA DELLE COSTRUZIONI (ICAR/09)

DEGREE PROGRAMME: TRANSPORTATION ENGINEERING AND MOBILITY (P55)
ACADEMIC YEAR 2023/2024

COURSE DESCRIPTION

TEACHER: PECCE MARIA ROSARIA
PHONE:
EMAIL: mariarosaria.pecce@unina.it

GENERAL INFORMATION ABOUT THE COURSE

INTEGRATED COURSE: NOT APPLICABLE
MODULE: NOT APPLICABLE
TEACHING LANGUAGE: INGLESE
CHANNEL: FG A-Z
YEAR OF THE DEGREE PROGRAMME: I
PERIOD IN WHICH THE COURSE IS DELIVERED: SEMESTER I
CFU: 9

REQUIRED PRELIMINARY COURSES

None

PREREQUISITES

Basic background on structural engineering (Structures ICAR/09)

LEARNING GOALS

The course aims to provide general knowledge about the structural health monitoring of infrastructures with a particular focus on bridges. The fundamentals of the static and dynamic behaviour of bridges, made of various construction materials and static schemes, are necessary to understand the causes of damage and degradation that have to be monitored during the life of the structure.

EXPECTED LEARNING OUTCOMES (DUBLIN DESCRIPTORS)

Knowledge and understanding

The students are required to show that they have acquired the knowledge of methods of structural monitoring of bridges both through the traditional procedures by visual inspections and static measures and also by innovative methods based on dynamic measures and the use of drones or satellites.

Applying knowledge and understanding

Students are required to show the ability to develop numerical applications by experimental data and to approach the identification of degradation phenomena and their causes.

COURSE CONTENT/SYLLABUS

- *Introduction to the structural health monitoring of infrastructures*
- *The approach and the importance of the structural health monitoring*
- *The structural performance of infrastructures*
- *Types of bridges*
- *Classification according the use*
- *Classification according the static pattern*
- *Classification according materials*
- *Structural and not structural elements of highway bridges*
- *Fundamentals of structural behaviour of bridges*
- *Codes and Guidelines*
- *Old and new codes for the design of bridges*
- *Italian Guidelines for monitoring of existing bridges*
- *International documents*
- *Deterioration phenomena*
- *Fundamentals of structural behaviour of construction materials*
- *Types of deterioration phenomena*
- *Deterioration of RC elements*
- *Deterioration of PC elements*
- *Deterioration of steel elements*
- *Deterioration of support systems*
- *Deterioration of dilatation joints*
- *In situ investigation*
- *The concept of knowledge level*
- *Tests on materials*
- *Investigation on the structural details*
- *Structural health monitoring by inspections*
- *Visual inspections*
- *Regularity of inspections*
- *Defects and evaluation of degradation*
- *Structural health monitoring by static measures*

- The parameters to be measured
- The technique and instruments of measure
- Numerical modeling for damage detection
- Structural health monitoring by dynamic identification
- Fundamentals of dynamic behavior of structures
- The technique and instruments of measure
- Numerical modeling for damage detection
- Innovative structural health monitoring systems
- Use of drones
- Setellite application
- Weigth-in-motion systems
- Smart Roads

READINGS/BIBLIOGRAPHY

Slides, lecture notes, technical papers.

Textbooks:

DYNAMICS OF STRUCTURES. RayW. Clough and Joseph Penzien, 1995 University Ave. Berkeley, CA 94704, USA.

DINAMICA DELLE STRUTTURE E INGEGNERIA SISMICA. Iunio Iervolino. 2021. Hoepli editore.

ICE MANUAL OF BRIDGE ENGINEERING, edited by Gerard Parke and Nigel Hewson, second edition 2008.

MAINTENANCE AND SAFETY OF AGING INFRASTRUCTURE, editors Dan M. Frangopol & Yiannis Tsompanakis, CRC Press 2014.

TEACHING METHODS OF THE COURSE (OR MODULE)

Lectures, interactive tutorials, laboratory activities and exercises

EXAMINATION/EVALUATION CRITERIA

a) Exam type

- Written
- Oral
- Project discussion
- Other : Exercises discussion

In case of a written exam, questions refer to

- Multiple choice answers
- Open answers
- Numerical exercises

b) Evaluation pattern

The evaluation will take account of knowledge and discussion capacity of the student.

