

**FACOLTA' DI INGEGNERIA – A.A. 2009/10 – 2010/11**  
**CLASSE LM-30 – INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE (D.M. 270/04)**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE**  
**(D.M. 270/04)**

**ELENCO SCHEDE DI TRASPARENZA DEGLI INSEGNAMENTI.**

**SCHEDE DI TRASPARENZA DEGLI INSEGNAMENTI DI PRIMO ANNO:**

EFFETTI DELL'IRRAGGIAMENTO SUI MATERIALI CON LABORATORIO C.I.  
ENERGETICA DEI PROCESSI  
IMPIANTI CHIMICI E PETROLCHIMICI  
MACCHINE E SISTEMI ENERGETICI  
METODI MATEMATICI E CALCOLO NUMERICO C.I.  
TECNICA DEL FREDDO  
TEORIA DEL REATTORE NUCLEARE CON LAB.  
TERMOFLUIDODINAMICA NUMERICA

**SCHEDE DI TRASPARENZA DEGLI INSEGNAMENTI DI SECONDO ANNO:**

DINAMICA E SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ENERGETICI  
INGEGNERIA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI A FISSIONE ED A FUSIONE C.I.  
LABORATORIO DI MISURE NUCLEARI E DOSIMETRIA C.I.  
MODELLI PER L'AMBIENTE  
PROGETTAZIONE DI IMPIANTI ENERGETICI  
TECNICHE MONTE CARLO PER L'INGEGNERIA  
TECNOLOGIA DELL'IDROGENO E PILE A COMBUSTIBILE

ACCUMULO DI ENERGIA CON PROCESSI CHIMICI  
APPLICAZIONI NUCLEARI IN CAMPO MEDICO  
AZIONAMENTI ELETTRICI  
GEST. RIFIUTI RADIOATT. E DISATTIV. IMPIANTI NUCLEARI  
INGEGNERIA DEI REATTORI A FUSIONE  
MISURE E REGOLAZIONI TERMOFLUIDODINAMICHE  
SISTEMI ELETTRICI DI PRODUZIONE E TRASMISSIONE  
TERMOTECNICA

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria								
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009/10								
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)								
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Effetti dell'irraggiamento sui materiali con laboratorio (CI)</b>								
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante								
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare								
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>									
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO								
<b>NUMERO MODULI</b>									
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING/IND 19-20								
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Aldo Parlato Assegnista Università degli Studi di Palermo								
<b>CFU</b>	6								
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	130								
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>									
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	- Adeguate conoscenze delle radiazioni ionizzanti e della loro interazione con la materia  - Adeguate conoscenze di dosimetria e di radioprotezione								
<b>ANNO DI CORSO</b>	I								
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>								
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	<table> <tr> <td>Attività didattica</td> <td>Ore</td> </tr> <tr> <td>Lezioni frontali</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Esercitazioni</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>laboratorio</td> <td>18</td> </tr> </table>	Attività didattica	Ore	Lezioni frontali	32	Esercitazioni	14	laboratorio	18
Attività didattica	Ore								
Lezioni frontali	32								
Esercitazioni	14								
laboratorio	18								
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria								
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale								
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi								
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre								
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>								
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	dal lun. al ven. dalle 10.30 alle 12.00 stanza 213 Piano secondo								

#### **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

Lo studente, al termine del corso, dovrà avere acquisito competenze nell'ambito degli studi relativi agli effetti dell'irraggiamento sui materiali di qualsivoglia matrice, in qualunque settore nucleare: sia nel settore industriale ed ambientale, sia nucleare per la produzione di potenza. Inoltre avrà competenze sui metodi e modelli per la valutazione dei vari metodi di irraggiamento.

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

Lo studente sarà capace di studiare i processi e gli effetti dell'irraggiamento sui materiali, con

particolare riferimento agli impianti industriali di irraggiamento, e nel settore di produzione di potenza nucleare. Inoltre, avrà maturato la capacità di applicare le correlate metodologie di valutazione.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente dovrà essere in grado di effettuare valutazioni sugli effetti dell'irraggiamento su vari materiali, effettuare la scelta tipologica e gestire un impianto di irraggiamento in relazione alla specifica utilizzazione richiesta.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà essere in grado di operare efficacemente all'interno di gruppi di progettazione e di organismi di controllo o compagnie private nel campo dell'industria nucleare, che effettuano valutazioni sull'irraggiamento dei materiali con riferimento sia ai grandi impianti di potenza che agli impianti di irraggiamento industriale.

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente dovrà essere capace di utilizzare, nell'ambito delle applicazioni industriali del settore nucleare, le tecniche di valutazione sugli effetti dell'irraggiamento dei materiali, valutare e misurare i principali parametri di un impianto di irraggiamento, effettuare la scelta tipologica e gestire un impianto di irraggiamento in relazione alle specifiche richieste ed agli effetti finali desiderati. Inoltre, dovrà essere capace di utilizzare metodologie di misura e controllo dei processi e tecniche per la stima dell'irraggiamento.

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo del corso è approfondire alcune tematiche inerenti gli effetti delle radiazioni ionizzanti sui materiali e la stima della dose mediante gli opportuni sistemi dosimetrici. Inoltre, vengono forniti gli strumenti e modelli utili per la valutazione dell'irraggiamento e dei principali parametri di un impianto di irraggiamento per poter effettuare una corretta scelta tipologica dell'impianto di irraggiamento in relazione agli effetti finali desiderati.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Introduzione al Corso
15	Azioni delle radiazioni ionizzanti - Cenni di radiochimica- Trattamento con radiazioni ionizzanti di prodotti agro_alimentari - Accettabilità e salubrità degli alimenti trattati con radiazioni ionizzanti - Radiodecontaminazione e riciclo dei prodotti alimentari di scarto e delle industrie alimentari, e degli inquinanti chimici - Radioigienizzazione e riciclo dei fanghi luridi urbani - Radiosterilizzazione di prodotti medico_biologici- Valore D <sub>10</sub>
16	Impianti gamma sperimentali, pilota e industriali - progetto, costruzione ed esercizio degli irradiator IGS-1 e IGS-3 del Dip. di Ing. Nucleare e degli impianti per uso industriale- Relazione tra attività e potenza - Grado di uniformità della dose di radiazione - Acceleratori di elettroni lineari e non per uso industriale - Considerazioni economiche sulla costruzione e sull'esercizio degli impianti di irraggiamenti industriali. Sistemi dosimetrici per alte dosi di radiazioni - sistemi dosimetrici chimici - Il dosimetro di Fricke Conoscenza e utilizzazione del codice di calcolo ORIGEN 2.2 per l'irraggiamento del combustibile nucleare
	<b>ESERCITAZIONI</b>

14	Progetto di massima di un irradiatore continuo, simulazione di irraggiamento del combustibile nucleare col codice di calcolo ORIGEN 2.2
	<b>LABORATORIO</b>
18	Irraggiamento campioni di varie matrici, calcolo tempi esposizione, valutazione effetti dell'irraggiamento, sistemi dosimetrici per alte dosi di radiazioni - Il dosimetro di Fricke
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Calderaro: “ Impianti di irraggiamento ”. Quaderni didattici dell'Istituto di Applicazioni e Impianti Nucleari di Palermo, 1976;</li> <li>• E. Calderaro, F. Castiglia : “ Studio delle possibilità di penetrazione delle tecnologie di irraggiamento gamma per il trattamento di prodotti agro-alimentari“. Palermo, 1996.</li> <li>• Dispense del corso</li> <li>• Altra eventuale documentazione, con i relativi riferimenti bibliografici, sarà messa a disposizione dal docente.</li> </ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009/2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Energetica dei processi</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria energetica e nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/10
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Celidonio Dispenza Professore Ordinario di Energetica SSD: ING-IND/10 Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	115
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	110
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio, Visite in campo, Studi di fattibilità e simulazione di impianti
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale, Presentazione di elaborati relativi a studi di fattibilità e di simulazione della performance di impianti energetici
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Giorni e orari di ricevimento: da Lunedì a Venerdì dalle 11 alle 12

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze adeguate per comprendere, con piena maturità, gli aspetti termodinamici e termofluidodinamici dei processi energetici che intervengono negli impianti industriali. Egli sarà in grado di applicare le proprie conoscenze e la propria comprensione per la progettazione, la realizzazione, il controllo e l'organizzazione della gestione degli impianti energetici.</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e capacità di comprensione adeguate per condurre studi, anche complessi, per la caratterizzazione di macchine, impianti e processi industriali, valutarne le prestazioni e la relativa efficienza, per affrontare, con piena maturità, problematiche relative agli usi dell'energia (uso delle fonti energetiche, vettorizzazione delle fonti</p>
--

energetiche, risparmio energetico, cogenerazione, problemi relativi agli usi finali, vari aspetti della pianificazione energetica).

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente acquisirà adeguata capacità di giudizio in relazione alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento. Egli avrà, altresì, la capacità di integrare conoscenze e di affrontare la complessità, di formulare giudizi, pur disponendo talvolta di dati incompleti, sulla scorta dei dati raccolti e delle conoscenze acquisite, e sarà in grado di formulare giudizi autonomi sull'efficacia delle diverse soluzioni ingegneristiche applicabili alla fattispecie di volta in volta esaminata, nonché sull'impatto tecnico-economico delle soluzioni proposte.

### **Abilità comunicative**

Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio in relazione alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento.

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia le problematiche relative alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento.

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Il Corso di Energetica dei processi è rivolto all'Energetica industriale e richiede una congrua maturità dell'allievo per i molteplici richiami alle materie studiate nel Corso di Laurea triennale. L'Energetica in senso lato studia i processi legati all'uso dell'energia che consentono le attività produttive e la possibilità di vivere con un adeguato comfort e si occupa dello sviluppo delle tecnologie correlate ai processi energetici e della programmazione energetica. La disponibilità energetica è legata all'uso di fonti primarie che vengono in vario modo trasformate perché ne sia possibile l'utilizzazione in modo ottimale presso l'utenza finale. Il complesso dell'utenza finale, dei processi per la trasformazione delle fonti, dei sistemi per l'approvvigionamento e la distribuzione delle fonti, nel contesto di una certa parte di territorio costituisce un sistema energetico. È perciò necessario studiare in Energetica con un approccio di tipo globale i sistemi energetici ai vari livelli gerarchici. Qualsiasi approccio globale, però, se deve essere pieno di contenuti, deve necessariamente partire dalla conoscenza di adeguate metodologie (sia per effettuare analisi di tipo tecnico che economico) che consentano di astrarre dalla conoscenza del tessuto tecnologico di una certa "regione" o di un certo "contesto" certi parametri utili per la caratterizzazione delle prestazioni di impianti e sistemi energetici. Il corso si caratterizza per un coerente ed accurato approfondimento di quello di Energetica che gli allievi hanno seguito per la laurea di primo livello; esso quindi contribuisce a formare delle figure professionali specializzate nell'ambito energetico, capaci di affrontare le moderne problematiche energetiche per tutte le fonti primarie e la loro utilizzazione. Ciò è importante in un momento in cui si delinea nel mondo, nell'Unione Europea ed anche in Italia un ritorno all'interesse per il nucleare, che potrà anche riguardare il breve termine, e la necessità di garantire uno sviluppo sostenibile in un mondo che, per almeno altri 50 anni, dovrà servirsi ampiamente delle fonti fossili con tecnologie innovative.

Gli argomenti trattati nel Corso di Energetica dei processi vertono principalmente su: 1) argomenti propedeutici che riguardano approfondimenti metodologici moderni di Termodinamica e Termofluidodinamica applicate, 2) argomenti rivolti allo studio delle fonti energetiche, alle analisi dei consumi, alla razionalizzazione dell'uso delle risorse, alle pianificazioni energetiche territoriali ed alle pianificazioni delle necessarie infrastrutture, 3) ampio spazio nelle esercitazioni è dedicato ad argomenti su tecnologie energetiche rivolte alla individuazione di possibilità di innovazione tecnologica.

Il corso è parecchio impegnativo, perché richiede una congrua maturità dell'allievo per i molteplici richiami alle materie studiate nel Corso di Laurea triennale ed è fortemente correlato alle parti di approfondimento trattate nella parte iniziale di questo corso.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
10	Analisi energetica approfondita basata su metodi che vertono sulla individuazione di sistemi ottimizzati in cui l'obiettivo è la minima produzione entropica
10	Esempi applicativi
16	Metodi di ottimizzazione di impianti complessi basati sulle Metodologie della Pinch Technology nelle varie versioni moderne (con l'analisi estesa ai sistemi in cui intervengono in operazioni di recupero energetico anche scambi di calore latente, ai sistemi che producono o utilizzano lavoro meccanico)
6	Esempi applicativi
3	Metodo della retta operativa basata sulle metodologie di analisi di minima produzione entropica
3	Esempi applicativi
4	Analisi termo-economica
3	Esempi applicativi
10	Metodi economici basati sui flussi di cassa afferenti a scenari di simulazione di processi e sistemi energetici (IRR, MPVC, Metodo dei Costi marginali, Metodi basati sulle perturbazioni dei Flussi di cassa) Metodi ausiliari per giudicare sulla "profittabilità" delle iniziative in sede di progetto, realizzazione, gestione dei sistemi (EMIP, IRP etc)
1	Esempi applicativi
3	Quadro coerente ed approfondito in modo adeguato delle operazioni per le trasformazioni delle fonti primarie in fonti disponibili all'utenza finale (con esclusione di quanto già trattato nel Corso di Energetica)
7	Strumenti metodologici necessari per l'individuazione del parco tecnologico afferente al sistema energetico e la sua caratterizzazione nei riguardi dei processi energetici coinvolti (con esclusione di quanto già trattato nel Corso di Energetica)
6	In relazione a quanto sopra: Studio per la caratterizzazione di processi di conversione energetica coinvolti nel contesto dei sistemi studiati
3	Concetti e strumenti metodologici principali per l'analisi della consistenza termodinamica dei sistemi energetici territoriali
2	Esempi applicativi
3	Quadro aggiornato delle prospettive di innovazione tecnologica dei processi energetici
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>ESERCITAZIONI</b>
6	Analisi energetica: applicazioni
4	Metodi di ottimizzazione di impianti complessi: applicazioni
4	Analisi termo-economica: applicazioni
3	Metodi economici: applicazioni
3	Studio per la caratterizzazione di processi di conversione energetica: applicazioni
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Appunti del Docente e copie di articoli e manuali distribuiti durante il corso.</li> <li>2. H.D.Baher, Thermodynamik, Springer-Verlag, Berlin, 1996.</li> <li>3. A. Sorensen, Energy Conversion Systems, J.Wiley New York, 1983.</li> <li>4. A.P.Fraas, Engineering Evaluation of Energy Systems, Mc Graw Hill, New York, 1982.</li> <li>5. R.W.Haywood, Analysis of Engineering cycles - Power, Refrigeratine and Gas Liquefaction plant, Pergamon press, ISBN 0-08-040738-2, 1991.</li> </ol>

- |   |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"><li>6. A.Bejan, G.Tsatsaronis, M.Moran, Thermal design and optimization, J.Wiley, 1996.</li><li>7. A.Bejan, Entropy generation minimization, CRC Press, 1996.</li><li>8. V.V.Sycev, Sistemi termodinamici complessi, Editori riuniti/MIR, 1985.</li><li>9. M. Silvestri - Il futuro dell'Energia, Bollati Boringhieri, Ottobre 1988.</li><li>10.I.Prigogine, D.Kondepudi, Termodinamica: dalle macchine termiche alle strutture dissipative, bollati Boringhieri, ISBN 88-339-5692-X, 2002.</li><li>11.G.Petrecca, Industrial Energy Management: principles and applications, Kluwer Ac. Pub., Boston, 1993.</li><br/><li>12. L.Borel, Thermodynamique et energetique, Vol. 1, Press. Pol. et Un. Romandes,ISBN 2-88074-214-5, 1984.</li><li>13. L.Borel, D.Lan Nguyen, M.Batato, J.Montero, Thermodynamique et energetique, Vol. 2, Press. Pol. et Un. Romandes,ISBN 2-88074-215-3, 1987.</li><li>14. B.Linnhoff et a., A user guide on Process integration for the efficient use of energy, The institution of Chemical engineers, England, ISBN 0 85295 156 6, 1982.</li></ol> |
|---|

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009-2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)
<b>INSEGNAMENTO</b>	Impianti Chimici e Petrolchimici
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria chimica
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	09090
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/25 (Impianti Chimici)
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Alberto Brucato Professore Ordinario Università di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	90
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	44 lezioni e 12 esercitazioni
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Visite in impianto
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	mar. e giov. dalle 16:00 alle 18:00

#### **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza dei principi di che regolano le principali operazioni unitarie quali: evaporazione, distillazione, estrazione liquido-liquido estrazione solido-liquido e assorbimento nonché delle metodologie di progettazione delle relative apparecchiature. Sarà inoltre edotto dei principali rischi connessi con gli impianti di processo.

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

Lo studente sarà in grado di leggere uno schema di impianto nei suoi vari gradi di dettaglio, riconoscendo le operazioni unitarie coinvolte e comprendendone la funzione nell'ambito del processo esaminato; disporrà di informazioni sulle tecniche di progettazione di unità di evaporazione, torri di distillazione e torri di assorbimento sia a piatti che a riempimento.

##### **Autonomia di giudizio**

Lo studente sarà in grado di valutare autonomamente:

- la validità ed i limiti di funzionamento delle apparecchiature utilizzate per le operazioni unitarie;
- gli ambiti di utilizzo dei principi di funzionamento di queste ultime.

### **Abilità comunicative**

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarò in grado di sostenere conversazioni su tematiche relative agli aspetti fondamentali della disciplina (operazioni unitarie dell'industria chimica, metodologie di progettazione di alcune delle operazioni unitarie principali) facendo ricorso ad una terminologia tecnica adeguata, e agli strumenti della rappresentazione matematica dei principali fenomeni descritti.

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studio critico e approfondito di alcune tra le operazioni unitarie più importanti, fungendo da esempio, consentirà allo studente una maggiore autonomia e capacità di discernimento nei successivi studi delle operazioni unitarie non trattate nel corso.

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

L'obiettivo principale è far sì che lo studente al termine del Corso abbia dimestichezza con impiantistica dell'industria di processo, conoscendone la struttura generale, i principi di che regolano le principali operazioni unitarie, le principali forme di rappresentazione grafica. Sarà inoltre edotto dei principali rischi connessi con gli impianti di processo.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
2	Dopo una introduzione alla struttura degli stabilimenti e degli impianti di processo, e una elencazione descrittiva delle operazioni unitarie dell'industria chimica, vengono affrontate le metodologie di progettazione di alcune delle operazioni unitarie principali
2	Introduzione alle operazioni a stadi
4	Assorbimento a stadi
8	Distillazione
6	Progetto e fluidodinamica delle colonne a piatti
6	Assorbimento in torri a riempimento
6	Evaporatori
2	Rappresentazione di processi chimici (diagramma a blocchi, diagramma semplificato, P&I)
2	Piping and Instrumentation
6	Cenni sulla sicurezza negli impianti chimici (incendi, esplosioni e rilasci tossici; limiti di infiammabilità, flash point, esplosioni di polveri, luoghi confinati; quantificazione del rischio; HAZOP)
	<b>ESERCITAZIONI</b>
2	Esercitazioni sugli evaporatori
2	Esercitazioni sull'assorbimento a stadi
2	Esercitazioni sulla distillazione a stadi
4	Esercitazioni sulle colonne di distillazione a piatti
2	esercitazioni sul progetto di colonne a riempimento
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coulson &amp; Richardson, "Chemical Engineering" Vol. 6, Pergamon</li> <li>• Perry &amp; Green "Perry's Chemical Engineers' Handbook", 7th Ed., Mc</li> </ul>

	<p>Graw Hill</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mc Cabe, Smith and Harriott, "Unit Operations of Chemical Engineering", Mc Graw Hill</li></ul>
--	---

<b>FACOLTÀ</b>	INGEGNERIA
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009-2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	<b>Ingegneria Energetica e Nucleare</b>
<b>INSEGNAMENTO</b>	Macchine e sistemi energetici
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	13526
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/08
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Salemi Cosimo  Docente a contratto Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	135
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	90

<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	90
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	1°
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale, Prova Scritta
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Venerdì dalle ore 15 alle ore 19

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, conoscerà le problematiche inerenti il funzionamento delle macchine a fluido motrici all'interno dei relativi impianti.</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Lo studente sarà in grado di abbinare le diverse tipologie di macchina a fluido a concreti casi ingegneristici.</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b> Lo studente sarà in grado di interpretare il corretto modo di funzionamento della macchina prescelta per la singola applicazione, privilegiando di volta in volta la soluzione più appropriata.</p> <p><b>Abilità comunicative</b> Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di sostenere conversazioni su tematiche energetiche ed impiantistiche sia per quanto riguarda le macchine termiche che quelle idrauliche.</p> <p><b>Capacità d'apprendimento</b></p>
---

Lo studente avrà appreso le interazioni tra le tematiche energetiche e le problematiche realizzative delle macchine, e questo gli consentirà di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia e discernimento.

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

La conoscenza adeguata degli aspetti metodologici-operativi relativi agli argomenti oggetto del corso e la capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
5	Richiami sulle applicazioni del teorema di Bernoulli. Richiami di termodinamica delle macchine: il primo principio della termodinamica in ottica lagrangiana ed euleriana (quest'ultima utile allo studio del moto dei fluidi in regime permanente); trasformazioni termodinamiche di interesse tecnico; Equazione di Eulero.
15	Impianti motori idraulici per la produzione di energia elettrica: elementi principali dell'impianto (condotta forzata, organi della regolazione, turbina, alternatore); rendimenti caratteristici dell'impianto e potenze ottenibili; le tipologie di turbine idrauliche e la loro classificazione: triangoli delle velocità; rendimenti e potenze; caratteristiche di funzionamento e curve di regolazione, similitudine di funzionamento, scelta della macchina e diagramma di Balje.
8	Studio del moto isentropico di un fluido comprimibile in un condotto fisso a sezione variabile (ugello di De-Laval). Portata critica ed eventi dissipativi (urti). Metodi di regolazione delle turbine a vapore. Impianti a vapore cogenerativi (produzione di energia elettrica e calore) e relativa regolazione.
15	Le turbine a fluido comprimibile: triangoli delle velocità di stadi assiali ad azione e a reazione; condizioni ottime di funzionamento nel caso ideale e nel caso reale (dissipazioni per attrito fluidodinamico); rendimenti e potenze.
18	Motori alternativi a combustione interna: cicli termodinamici di riferimento (Otto, Diesel), ciclo indicato e $p_{mi}$ , rendimenti e consumo specifico, coefficiente di riempimento, Potenza e $p_{me}$ , curve caratteristiche di funzionamento.
5	Propulsori aerospaziali: Turboelica, Turboreattori semplici e a doppio flusso, Esoreattori ed Endoreattori. Spinta, Potenza e rendimento.
	<b>ESERCITAZIONI</b>
6	Dimensionamento ed esercizio delle turbine idrauliche e dei relativi impianti.
3	Regolazione di impianti cogenerativi.
6	Turbine a vapore ad azione e a reazione.
3	Cicli termodinamici e prestazioni di motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione.
6	Turboreattori ed Endoreattori.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	G. Cornetti Macchine Idrauliche, edizioni Il Capitello, Torino, 1989. G. Cornetti Macchine Termiche, edizioni Il Capitello, Torino, 1989.

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009-2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)
<b>INSEGNAMENTO</b>	Metodi Matematici e Calcolo numerico
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Affine
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Matematica, informatica e statistica
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	MAT/07
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Maria Stella Mongiovì P.O. Università di Palermo
<b>DOCENTE COINVOLTO</b>	Elisa Francomano P.A. Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	130
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	95
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Corsi di Matematica della Laurea triennale
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Scritta. Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Martedì, Giovedì 12-13,30

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e metodologie matematiche per affrontare lo studio di sistemi complessi.</li> </ul> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente sarà in grado di analizzare quantitativamente e/o qualitativamente sistemi di equazioni differenziali ordinarie (ODE) lineari e no, e sarà in grado di riconoscere e di studiare alcuni tipi di equazioni a derivate parziali (PDE) che si incontrano frequentemente nelle applicazioni.</li> </ul> <p><b>Autonomia di giudizio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente dopo aver costruito un modello matematico di un sistema dinamico complesso con ODE o PDE sarà in grado di validarlo autonomamente utilizzando dati sperimentali.</li> </ul> <p><b>Abilità comunicative</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio a</li> </ul>
---

proposito di problematiche che coinvolgono Ode e PDE.

### Capacità d'apprendimento

- Lo studente sarà in grado di formulare in autonomia modelli matematici di sistemi fisici o ingegneristici e sarà in grado di apprendere ulteriori tecniche sia qualitative che quantitative per studiare i modelli ottenuti.

### OBIETTIVI FORMATIVI

Lo studente sarà in grado di formulare in autonomia modelli matematici di sistemi fisici o ingegneristici e sarà in grado di apprendere ulteriori tecniche sia qualitative che quantitative per studiare i modelli ottenuti.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
15	Sistemi di equazioni differenziali ordinarie lineari. Problemi ai limiti. Analisi qualitativa delle soluzioni di equazioni e sistemi non lineari. Linearizzazione. Fenomeni di isteresi e di biforcazione.
10	Funzioni analitiche. Serie di Funzioni. Serie di potenze. Serie di Fourier
10	Elementi di Analisi Funzionale e Calcolo delle variazioni.
10	Trasformata di Fourier, Trasformata di Laplace.
5	Equazioni a derivate parziali di primo e secondo ordine. Problema di Cauchy. Problemi al contorno per le PDE della fisica matematica. Il metodo di separazione delle variabili.
2	Equazioni ellittiche ed elementi di idrodinamica piana.
5	Equazioni iperboliche: l'equazione delle onde.
3	Equazioni paraboliche: l'equazione del calore
<b>Tot. 60</b>	
	<b>ESERCITAZIONI</b>
12	Sistemi di equazioni differenziali ordinarie.
5	Funzioni analitiche. Serie di Funzioni. Serie di potenze. Serie di Fourier.
3	Elementi di Analisi Funzionale e Calcolo delle variazioni.
3	Trasformata di Fourier, Trasformata di Laplace.
12	Equazioni a derivate parziali.
<b>Tot. 36</b>	
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	C. Citrini: Analisi Matematica 2, Boringhieri. M.Bramanti, C.D.Pagani, S.Salsa, Matematica, Zanichelli. M.Bramanti, S.Salsa, Esercizi di Analisi Matematica 2, Parte III, Equazioni differenziali, Zanichelli. M.S. Mongiovì: Appunti forniti durante il corso.

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009-2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Tecnica del Freddo</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	07177
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/10
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Giuseppe Panno Professore Ordinario SSD: ING-IND/10 Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	137
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	88
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Fisica Tecnica
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazione in laboratorio
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale. Presentazione di una relazione sull'esercitazione di laboratorio
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Mercoledì e venerdì ore 11-13

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione:</b>  Acquisizione di conoscenze specifiche nei seguenti ambiti:  Produzione di freddo mediante macchine termiche a ciclo inverso  Criteri di scelta, progettazione e realizzazione di impianti frigoriferi  Dimensionamento di componenti di impianti frigoriferi.  Lo studente, al termine del corso, sarà in grado di affrontare le problematiche relative alla produzione del freddo in modo energeticamente efficiente.</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b>  Applicazione di un corretto approccio nell'affrontare i problemi relativi alla progettazione degli impianti frigoriferi e capacità di valutazione critica dei risultati ottenuti.</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b>  Capacità di analisi e valutazione dei risultati ottenuti e confronto critico con possibili alternative ai sistemi tradizionali della produzione di freddo.</p>
---

**Abilità comunicative**

Capacità di esposizione dei risultati ottenuti e delle valutazioni eseguite in modo chiaro e comprensibile. Capacità di evidenziare l'importanza dei risultati ottenuti e le ricadute nelle applicazioni.

**Capacità d'apprendimento**

Capacità di aggiornamento mediante consultazione di testi e riviste tecniche e scientifiche del settore. Capacità di approfondire tematiche attinenti la progettazione di impianti frigoriferi mediante sistemi e tecnologie in grado di contenere le ricadute negative sull'ambiente( effetto serra, buco dell'ozono).

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e metodologie adeguate per la progettazione degli impianti frigoriferi. Sarà in grado di valutare criticamente i risultati dei calcoli eseguiti, al fine di individuare la scelta ottimale dell'impianto frigorifero, in funzione della specifica applicazione. Lo studente sarà in grado di svolgere attività di consulenza al fine di indirizzare le scelte impiantistiche nel settore del freddo, in modo corretto da un punto di vista energetico ed ambientale.

	<b>Tecnica del Freddo</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
3	Introduzione alla Tecnica del freddo; origine ed evoluzione della produzione artificiale di freddo.
6	Principali settori di impiego del freddo e principali applicazioni nei vari settori.
10	Cicli termodinamici inversi per la produzione di freddo. Macchine frigorifere a compressione di vapore. Cicli monostadio e bistadio. Soluzioni impiantistiche e confronto fra le diverse tipologie.
8	Fluidi frigoriferi: proprietà, criteri di scelta e di impiego. Fluidi naturali e fluidi sintetici. Azioni dei fluidi frigoriferi nei confronti dell'ambiente. Parametri di valutazione dei fluidi frigoriferi. Legislazione vigente.
3	Macchine frigorifere ad aria: analisi di vantaggi e svantaggi rispetto alle macchine frigorifere a compressione di vapore.
8	I sistemi ad assorbimento. Macchine frigorifere ad assorbimento acqua-ammoniaca. Bilanci di energia e bilanci di massa. Calcolo delle macchine ad assorbimento. Macchine frigorifere ad assorbimento a soluzione acquosa di bromuro di litio.
12	I principali componenti delle macchine frigorifere: compressori, condensatori, evaporatori, organi di laminazione, apparecchiature ausiliarie.
1	Tubazioni frigorifere.
2	Cenni sulle pompe di calore.
3	Sistemi di conservazione delle derrate deperibili: refrigerazione, congelazione lenta, congelazione rapida.
2	Dimensionamento di un impianto frigorifero al servizio di una cella frigorifera.
2	Caratteristiche costruttive dei magazzini frigoriferi.
1	Isolanti termici. Barriera al vapore.
2	Cenni sulla termoelettricità.
Totale 63	
<b>ORE</b>	<b>ESERCITAZIONI</b>

25	Cicli termodinamici inversi; macchine ad assorbimento; componenti delle macchine frigorifere; rilevamento in campo dei principali parametri di funzionamento di un impianto frigorifero e calcolo del coefficiente di effetto utile.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. U. Sellerio - Lezioni di Tecnica del Freddo. Edizione Sistema - Roma.</li> <li>2. E. Bonaguri, D. Miari: Tecnica del Freddo - Hoepli - Milano.</li> <li>3. R. J. Dossat: Principles of Refrigeration - Prentice Hall International Editions.</li> </ol>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009/2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Teoria del Reattore Nucleare con Laboratorio</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	08966
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Mariarosa Giardina Ricercatore Università di Palermo
<b>CFU</b>	<b>9</b>
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	125
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	100
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	-
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Attività didattica      Ore Lezioni frontali      60 Esercitazioni      30 Laboratorio      10
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	11-12 martedì e giovedì

### **Risultati di apprendimento attesi**

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

Lo studente, al termine del corso, dovrà avere maturato competenze teoriche e ingegneristiche avanzate per la valutazione e la misura della reattività finalizzata alla gestione e conduzione di un reattore nucleare di ricerca. Inoltre, dovrà essere in grado di comprendere a fondo i meccanismi di produzione della Energia Nucleare e il funzionamento del reattore a fissione, facendo anche valutazioni della dimensione o composizione critica e dei tempi di risposta. Contestualmente, il corso permetterà allo studente di acquisire una personale esperienza degli strumenti di indagine sperimentale di misure di reattività attraverso attività di laboratorio svolte presso il reattore AGN Costanza del Dipartimento di Ingegneria Nucleare dell'Università di Palermo.

**Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Lo studente dovrà essere capace di effettuare misure e calcolo di reattività e di potenza in un sistema critico e di valutare e progettare sistemi idonei al controllo e conduzione. Inoltre, sarà in grado di effettuare procedure di avviamento e criticità di un reattore nucleare e potrà stabilire gli interventi e le manovre necessarie per ripristinare condizioni stabili in caso di presenza di perturbazioni.

**Autonomia di giudizio**

Lo studente sarà in grado di gestire e controllare, sia durante il normale funzionamento che in presenza di anomalie, le variazioni di reattività e di potenza che possono essere presenti nelle varie fasi di esercizio di un reattore nucleare.

**Abilità comunicative**

Lo studente sarà capace di risolvere e modellare problematiche complesse per la progettazione dei sistemi utili per il controllo di un reattore nucleare, nonché di elaborare tecniche per la misura dei principali parametri relativi al controllo della reazione nucleare controllata e della criticità.

**Capacità d'apprendimento**

Lo studente sarà in grado di approfondire tematiche complesse quali l'interazione dei neutroni con la materia, la valutazione della massa critica di un reattore nucleare, problemi di variazioni di reattività e di controllo tramite barre di controllo, soprattutto nel caso di presenza di effetti di perturbazione.

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo del corso è approfondire alcune tematiche inerenti l'interazione neutrone materia: cinematica e sezioni d'urto elastiche, anelastiche e di cattura, con particolare attenzione alla fissione, ai suoi meccanismi, prodotti e bilancio energetico. Vengono poi studiate le equazioni di diffusione, nella forma a uno, due e più gruppi e la soluzione in diverse geometrie. Inoltre, viene effettuata la valutazione delle dimensioni critiche del reattore per diverse geometrie, facendo ricorso all'uso del modello semplificato ad un gruppo di neutroni, con particolare riferimento ai reattori nucleari di tipo sperimentale in uso in Italia. Infine, vengono acquisite conoscenze sulle procedure e misure del Buckling materiale.

Dopo le attività di studio condotte nella prima parte del corso, anche a supporto degli argomenti che vengono trattati e sviluppati durante il II modulo, si esaminano i processi di rallentamento e diffusione studiate con la teoria dell'age di Fermi e vengono valutate le dimensioni critiche del reattore mediante l'uso di modelli ad un gruppo dei neutroni modificata e mediante l'uso della teoria di Fermi. Inoltre, si procederà con la valutazione e la misura della reattività finalizzata alla gestione e conduzione di un reattore nucleare di ricerca.

<b>Teoria del Reattore Nucleare con Laboratorio</b>	
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
10	Introduzione al corso. Il decadimento radioattivo. La fissione nucleare. Neutroni pronti e ritardati. Il flusso di neutroni. Il tasso di reazione. La sezione d'urto. I reattori omogenei. Neutroni veloci e neutroni termici. Richiami sulle distribuzioni di probabilità. Approccio statistico allo studio dei neutroni termici. Teoria della diffusione. Legge di Fick per il flusso neutronico. Applicabilità della legge di Fick.
20	La teoria della diffusione: Sorgente piana infinita, Sorgente puntiforme, Filo infinito. Principio di sovrapposizione. Mezzo omogeneo finito. Mezzi non omogenei. Sorgenti distribuite infinite. Sorgenti distribuite finite. Mezzi

	<p>moltiplicanti.</p> <p>Studio della criticità per i soli neutroni termici. Condizione di criticità. Coefficiente di moltiplicazione. Neutroni ritardati. L'arricchimento. Conseguenze della agitazione termica sulla misura di <math>\sigma</math>: effetto Doppler. Condizione di criticità in un reattore omogeneo finito. Dimensioni critiche. Buckling geometrico e nucleare. Geometria sferica. Geometria cilindrica. Caso tridimensionale. Il cilindro finito.</p> <p>Scelta della geometria ideale. Il reattore del CESNEF. Misure del Buckling materiale.</p> <p>Il riflettore. Il Reflector Saving. Il rallentamento. Variazione della velocità con l'urto.</p> <p>Differenza tra Idrogeno e altri moderatori. Variazione dell'energia con l'urto. Urti successivi al primo.</p>
15	<p>Urti necessari per avere una certa letargia. Densità di rallentamento. Densità di collisione. Rappresentazione fisica del rallentamento tramite la letargia. Caso dei moderatori più pesanti.</p> <p>Spazio e tempo di rallentamento. Tempo di rallentamento. Rallentamento con fughe.</p> <p>Rallentamento con l'età alla Fermi. L'equazione dell'età senza cattura: Sorgente piana di neutroni, Sorgente puntiforme. Importanza del caso puntiforme. Sorgente filiforme. Distanze quadratiche medie termiche e di rallentamento. Area di migrazione. Sorgente piana in uno spazio di spessore finito. Rallentamento con assorbimento nell'Idrogeno. Rallentamento con assorbimento nella miscela Idrogeno-238U. Rallentamento con assorbimento nei moderatori pesanti.</p>
15	<p>Le risonanze di cattura. Approssimazione NR. Approssimazione NRIM. Effetto Doppler sulle risonanze. Più risonanze. Integrale di risonanza efficace. Reattori eterogenei.</p> <p>Il termine di fissione veloce <math>\epsilon</math>. Fattore di fissione veloce <math>\epsilon</math>. Criticità alla Fermi.</p> <p>Conversione 238U/239Pu. Criticità a due gruppi. Criticità a due gruppi con riflettore.</p> <p>Barre di combustibile nei reattori eterogenei. Cella elementare. Parametro <math>f</math> nel reattore eterogeneo. Il reattore di Chinon. Parametro <math>p</math> nel reattore eterogeneo. Parametro <math>\epsilon</math> nel reattore eterogeneo. Parametro <math>\eta</math> nel reattore eterogeneo. Fattibilità di un reattore eterogeneo.</p> <p>Criticità in un reattore eterogeneo. La reattività. Effetti di temperatura. Cinetica del reattore. Reattore in equilibrio critico (R.E.C.). La cinetica puntiforme. Cinetica senza contoreazione. Criticità pronta. Cinetica con contoreazione.</p> <p>Reattori PWR.</p>
<b>ORE</b>	<b>ESERCITAZIONI</b>
15	<p>Valutazione della possibilità di realizzare sistemi critici omogenei e termici che adoperino l'Uranio naturale come combustibile e uno dei seguenti moderatori: H<sub>2</sub>O, D<sub>2</sub>O, Be, grafite.</p> <p>Valutazione dell'arricchimento necessario a rendere critico un reattore sferico termico, nudo ed omogeneo che adoperi come moderatore H<sub>2</sub>O, D<sub>2</sub>O, Be.</p> <p>Valutazione mediante la teoria ad un gruppo semplice e modificata la massa critica di un reattore nudo, termico, omogeneo, sferico composto da U235 e grafite con riflettore.</p>

15	<p>Valutazione della massa critica di un reattore cilindrico quadro, contenente una miscela di acqua leggera e U235, circondato da tutti i lati da un riflettore di acqua infinito.</p> <p>Valutazione mediante la Teoria a due gruppi della massa critica di un reattore sferico, omogeneo, con combustibile U235 e moderatore acqua ordinaria.</p> <p>Valutazione, adoperando la teoria ad un gruppo modificata, le dimensioni di un nocciolo di un reattore cilindrico eterogeneo di tipo PWR che abbia una potenza termica di 1900 MWt (circa 600 MWe)</p>
<b>ORE</b>	<b>LABORATORIO</b>
10	<p>Valutazione della distribuzione flusso Reattore AGN.</p> <p>Taratura della barre di controllo del reattore AGN Costanza.</p>
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lamarsh J.R- Baratta A.J. - Introduction to Nuclear Engineering - 3rd edition – Prentice Hall (2001).</li> <li>• Stacey W.M. – Nuclear Reactor Physics - John Wiley &amp; Sons – New York (2001).</li> <li>• Dispense</li> </ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2009/2010
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare (D.M. 270/04)
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Termofluidodinamica numerica</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria energetica e nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Michele Ciofalo Professore Ordinario SSD: ING-IND/19 Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	135
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	90 (60 h. di lezioni frontali + 30 h. di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Prof. Michele Ciofalo Lunedì, Mercoledì e Venerdì h. 11-12 Stanza 111 - Primo piano Dipartimento di Ingegneria Nucleare, Viale delle Scienze Edificio 6

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (descrittori di Dublino)</b></p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione (<i>knowledge and understanding</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Al termine del corso, lo studente avrà acquisito conoscenze approfondite sulle equazioni che governano il moto dei fluidi ed il trasporto di calore e di massa nonché sulle metodologie per la loro discretizzazione e risoluzione numerica.</li> </ul> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione (<i>applying knowledge and understanding</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente avrà acquisito la capacità di riconoscere e classificare uno specifico problema di natura termofluidodinamica, identificare le tecniche numeriche più appropriate alla sua risoluzione, e impostare un algoritmo funzionante che applichi tali tecniche, fino ad arrivare, nei casi più semplici, alla stesura di un programma di calcolo o, in alternativa, alla corretta utilizzazione di un codice CFD commerciale o comunque già esistente.</li> </ul> <p>Autonomia di giudizio (<i>making judgements</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente sarà in grado di valutare la coerenza e la correttezza qualitativa dei risultati ottenuti, e saprà quali dati teorici, numerici o sperimentali sarebbero necessari per la</li> </ul>
---

validazione anche quantitativa di tali risultati.

Abilità comunicative (*communication skills*)

- Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio a proposito di problematiche complesse legate alla impostazione e alla soluzione numerica di problemi termofluidodinamici, scambiando eventualmente informazioni con esperti di metodi numerici e/o di informatica.

Capacità di apprendimento (*learning skills*)

- Lo studente sarà in grado di apprendere le modalità di utilizzo di codici termofluidodinamici e di approfondire autonomamente, ove occorresse, aspetti specifici non esplicitamente trattati nel corso (quali, ad esempio, quelli legati alla comprimibilità del fluido).

### OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo della prima parte del Corso è esporre le equazioni di governo dei fenomeni di trasporto, dalla conduzione del calore alla termofluidodinamica, e le relative tecniche di discretizzazione e risoluzione numerica.

Obiettivo della seconda parte del Corso è quello di esporre i principali modelli di turbolenza e di fornire notizie sintetiche su problemi termofluidodinamici specifici, quali la magnetoidrodinamica e la dispersione atmosferica.

	<b>EQUAZIONI DI TRASPORTO E LORO DISCRETIZZAZIONE E RISOLUZIONE NUMERICA</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
15	<b>Conduzione del calore:</b> Equazione del calore 1D, 2D e 3D in regime stazionario e transitorio; condizioni al contorno e numero di Biot; soluzioni analitiche per geometrie 1D semplici (slab, cilindro, sfera); autofunzioni, autovalori e costanti di tempo. Discretizzazione a volumi finiti dell'equazione del calore 1D, 2D e 3D in regime stazionario e transitorio; condizioni al contorno e metodo dei volumi "dummy"; notazione lessicografica per l'ordinamento delle equazioni nei casi multi-dimensionali. Metodi espliciti ed impliciti e condizioni di stabilità e di accuratezza; equazioni lineari risultanti e algoritmi per la loro risoluzione; trattamento di non linearità risultanti da variazione delle proprietà fisiche con la temperatura.
15	<b>Moto dei fluidi e convezione:</b> Equazioni di continuità e Navier-Stokes in regime stazionario e transitorio; notazione tensoriale cartesiana; sforzi viscosi; numero di Reynolds. Equazione dell'energia; flussi convettivi; numero di Prandtl. Termini di "buoyancy" e approssimazione di Boussinesq. Condizioni al contorno e requisiti perché un problema fluidodinamico sia ben posto. Soluzioni analitiche per casi semplici 1D e 2D. Discretizzazione a volumi finiti delle equazioni del moto e dell'energia in 2 o 3 dimensioni in regime stazionario; condizioni al contorno e metodo dei volumi "dummy". Problemi transitori: metodi espliciti ed impliciti e condizioni di stabilità e di accuratezza. Accoppiamento pressione-velocità per il caso di fluidi incomprimibili; algoritmi p-v con dettagli sui metodi della famiglia "SIMPLE". Discretizzazione dei termini convettivi e relativi problemi. Equazioni lineari risultanti dai metodi impliciti e cenni sugli algoritmi per la loro risoluzione. Analisi di un tipico codice commerciale di fluidodinamica numerica; moduli di "pre-processing", "solver" e "post-processing".
15	<b>La turbolenza ed i suoi modelli:</b> turbolenza nei fluidi: fenomenologia e sua interpretazione nell'ambito della teoria dei sistemi dinamici; concetto di "energy cascade" e scale dissipative di Kolmogorov. Simulazione diretta:

	requisiti di risoluzione spaziale e temporale e stima del relativo onere computazionale. Modelli RANS: derivazione formale degli sforzi e flussi turbolenti. Modelli a viscosità turbolenta: analogia fra i termini turbolenti risultanti e gli sforzi e flussi diffusivi (molecolari). Modelli algebrici semplici. Modelli differenziali con trattazione dettagliata del modello k-epsilon. Condizioni al contorno, funzioni di parete e varianti “a basso numero di Reynolds”. Implementazione dei modelli tipo k-epsilon in un tipico codice commerciale di fluidodinamica numerica (ANSYS-CFX). Cenni sui modelli di ordine superiore (RSM, ASM) e sulla “Large-Eddy Simulation”.
15	<b>Fenomeni termofluidodinamici speciali:</b> magnetoidrodinamica; convezione naturale turbolenta; strato limite atmosferico e fenomeni di dispersione in atmosfera; spray cooling; cenni sulla risoluzione numerica di problemi di combustione.
	<b>ESERCITAZIONI</b>
15	Stesura di un codice di calcolo 2-D in FORTRAN per la risoluzione di problemi termofluidodinamici.
15	Confronto di modelli di turbolenza per diversi problemi termofluidodinamici utilizzando codici di calcolo sia commerciali (ANSYS-CFX) che “in-house”.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispense del corso;</li> <li>• G. Comini, G. Croce ed E. Nobile (a cura di), <i>Fondamenti di Termofluidodinamica Computazionale</i>, UIT e SGEEditoriali, Padova, 3a edizione, Novembre 2008</li> </ul>

*Note: Nell’AA 2009-2010 il presente Corso assorbirà per mutazione gli insegnamenti già attivati nei manifesti precedenti con la denominazione di “Termofluidodinamica Nucleare” (codice 08976) e “Termofluidodinamica Numerica Industriale” (codice 10322).*

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria						
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011						
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare						
<b>INSEGNAMENTO</b>	Dinamica e sicurezza degli impianti energetici						
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante						
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare						
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	13518						
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO						
<b>NUMERO MODULI</b>							
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19						
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Francesco Castiglia Professore Ordinario Università Degli Studi Di Palermo						
<b>CFU</b>	9						
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	145						
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	80						
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	-						
<b>ANNO DI CORSO</b>	II						
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>						
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	<table> <tr> <td>Attività didattica</td> <td>Ore</td> </tr> <tr> <td>Lezioni frontali</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Esercitazioni</td> <td>20</td> </tr> </table>	Attività didattica	Ore	Lezioni frontali	60	Esercitazioni	20
Attività didattica	Ore						
Lezioni frontali	60						
Esercitazioni	20						
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria						
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale						
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi						
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre						
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>						
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Lunedì, mercoledì, venerdì dalle ore 12.00 alle 13.00						

### **Risultati di apprendimento attesi**

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

Lo studente, al termine del corso, dovrà conoscere il modello tridimensionale del trasporto neutronico in condizioni dinamiche e le semplificazioni necessarie che consentono di passare da questo alle formulazioni multigruppo ed, infine, alle equazioni del reattore nucleare puntiforme, relativo a neutroni monoenergetici e con un sol gruppo di precursori, nonché alla loro forma linearizzata, valida per piccole variazioni della reattività e delle altre grandezze che governano il funzionamento dinamico dei reattori. Egli dovrà dimostrare di avere acquisito competenze approfondite sul comportamento delle varie tipologie di reattori nucleari, sia in condizioni di funzionamento stazionario che in condizioni dinamiche. In quest'ultimo caso, dovrà riconoscere, sulla base di opportuni criteri, le condizioni di instabilità, suscettibili di dar luogo ad ipotetiche situazioni incidentali. Di queste dovrà sapere prevederne le sequenze e valutarne il danno. A tal proposito, egli dovrà avere una conoscenza approfondita delle categorie di incidente e delle varie fenomenologie (neutroniche, termofluidodinamiche, fisicochimiche, etc... sottostanti, delle

salvaguardie e dei sistemi di sicurezza adottabili.

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

Lo studente dovrà essere capace di effettuare analisi di stabilità e sicurezza di componenti e sistemi nucleari e di applicare le conoscenze acquisite sui sistemi di sicurezza e protezione, prevenzione e mitigazione.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente dovrà essere capace di formulare giudizi e soluzioni di problematiche, anche complesse, relative alla progettazione di componenti di controllo di sicurezza e di protezione degli impianti e della popolazione.

### **Abilità comunicative**

Lo studente dovrà essere in grado di redigere rapporti tecnici e progettuali relativi alla sicurezza e al controllo di impianti nucleari delle varie tipologie, individuando le fonti di pericolo e valutandone le caratteristiche di sicurezza.

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

La conoscenza adeguata degli aspetti metodologici-operativi relativi agli argomenti oggetto del corso e la capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.

<b>ORE</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
2	Introduzione al corso.
10	Equazione de Trasporto neutronico: 6 gruppi di ritardati;Ipotesi e semplificazioni per il passaggio ad equazioni multigruppo in termini di energia neutronica; Ipotesi e semplificazioni per il passaggio alle equazioni del reattore puntiforme ad un sol gruppo energetico e ad un sol gruppo di precursori;Riduzione ad un'unica equazione del secondo ordine non lineare nella densità neutronica Casi semplici di risoluzione;Linearizzazione e riduzione in forma "sollecitazione-risposta" adatta all'applicazione della teoria del controllo dei sistemi lineari.
8	Reattività; modello termico puntiforme del reattore nucleare (Reattore omogeneo); coefficiente di retroazione di temperatura della reattività; coefficiente di retroazione di vuoto della reattività; coefficiente di retroazione dei veleni; Modello bipunto del reattore nucleare (Reattore eterogeneo); coefficienti di reattività relativi alle temperature del combustibile e del moderatore
10	Richiami di nozioni sulle trasformate di Fourier e di Laplace; richiami di nozioni sulle antitrasformate; Risoluzione delle equazioni lineari col metodo della trasformata di Laplace;Teoremi del valore iniziale e finale; concetto di funzione di trasformazione e di trasferimento; concetto di funzione analitica; poli e zeri di una funzione analitica ; La funzione di trasformazione come funzione analitica, Teorema di Riemann-Cauchy
11	Rappresentazione di un sistema lineare mediante schema a blocchi senza e con retroazioni; Concetto di stabilità di un sistema lineare. Criteri di stabilità dei sistemi lineari; con particolare riferimento al criterio di Nyquist per i sistemi retroazionati; Schema a blocchi senza e con retroazioni di temperatura, dei vuoti, dei veleni per un reattore nucleare omogeneo: condizioni per la stabilità; Schema a blocchi senza e con retroazioni di temperatura del combustibile e del moderatore, dei vuoti, dei veleni nel caso di un reattore eterogeneo;Analisi dettagliata della stabilità sulla base del segno dei coefficienti di temperatura della reattività.
8	Controllo e regolazione dei reattori nucleari;regolazione proporzionale:controllo di posizione; regolazione di tipo integrale: controllo di velocità; regolazione di tipo misto: controllo di posizione e velocità;schema di realizzazione di un controllo di tipo misto.
11	Programmi del reattore : programma a temperatura di uscita dal core costante; a temperatura media nel core costante; a pressione costante;Gestione degli impianti nucleari. Categorizzazione degli incidenti di riferimento nei R. N. sulla base delle frequenze di accadimento; Studio di alcuni di essi sulla base di semplici modelli, sia

	termoidraulici che neutronici: Incidenti di reattività di riduzione o perdita di portata, di overpower, di perdita del pozzo termico, di perdita del refrigerante da rotture piccole e grandi (LOCA). Calcolo del picco di pressione nell'edificio di contenimento del reattore.
20	<b>ESERCITAZIONI</b>
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	1) I testi della maggior parte delle lezioni sono raccolte nelle Dispense del Corso. 2) E.E. LEWIS: Nuclear Power Reactor Safety; John Wiley & Sons; NY, 1977

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010-2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	Ingegneria degli Impianti Nucleari a Fissione ed a Fusione (CI)
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	LM-30
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	13531
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	SI
<b>NUMERO MODULI</b>	3
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE (MODULO 1)</b>	Giuseppe Vella Professore Ordinario Università di Palermo
<b>DOCENTE COINVOLTO (MODULO 2)</b>	PIETRO ALESSANDRO DI MAIO Ricercatore
<b>CFU</b>	12
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	190
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	110 (80 di lezioni frontali e 30 di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Calcolo, Fisica, Metodi Matematici, Principi di Ingegneria Nucleare, Impianti Nucleari
<b>ANNO DI CORSO</b>	I - II
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo e secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Lunedì – mercoledì – venerdì 10 ÷ 11

## **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti:

- Principio di funzionamento di un reattore a fissione nucleare
- Reattori nucleari di I e II Generazione: principali filiere e relativi schemi di impianto
- Reattori nucleari di III e IV Generazione: principali filiere, relativi schemi di impianto e aspetti di maggiore sicurezza intrinseca e passiva
- Elementi di regolazione di un reattore a fissione nucleare
- Ingegneria dei principali componenti di un reattore a fissione nucleare (Vessel, Barre di Controllo, Pompe, Circuiti di refrigerazione, Pressurizzatore e Scambiatore di Calore,

Contenimento)

- Reazioni di fusione nucleare, plasmi, sezioni d'urto, tasso di reazione e parametro di reazione
- Modelli fisico-matematici per la descrizione della dinamica di un plasma
- Break-even ed ignizione di un plasma: criteri di Lawson
- Metodo di confinamento inerziale di un plasma
- Metodo di confinamento magnetico di un plasma; Macchine TOKAMAK e Stellarator
- Dinamica del trizio in un reattore a fusione di potenza
- Problematiche tecnologiche connesse allo sfruttamento su scala industriale della reazione di fusione nucleare e principali schemi di impianto allo studio

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

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione applicate sui seguenti argomenti:

- Analisi e dimensionamento del core di un impianto nucleare di tipo LWR.
- Analisi e dimensionamento del Vessel e dei Circuiti in pressione di un impianto nucleare di tipo LWR.
- Analisi e dimensionamento delle valvole e delle pompe di circolazione e/o di alimentazione di un impianto nucleare di tipo LWR.
- Studio della dinamica di un plasma D – T tramite un modello a parametri concentrati
- Analisi delle prestazioni di un sistema di confinamento magnetico di tipo TOKAMAK
- Studio della dinamica del trizio in un reattore a fusione di potenza di tipo DEMO

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di autonomia di giudizio sui seguenti argomenti:

- Comprensione di rapporti tecnici pertinenti ad impianti ad alta intensità energetica
- Progettazione di componenti ad alto flusso termico e mantelli triziogeni di reattori a fusione
- Valutazione di massima dell'inventario di Trizio in un impianto a fusione di data potenza

### **Abilità comunicative**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di dimestichezza con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito dell'ingegneria degli impianti ad alta intensità energetica con specifico riferimento a quelli nucleari a fissione ed a fusione.

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente, al termine del corso, avrà sviluppato la capacità di apprendere le problematiche scientifico-tecnologiche che caratterizzano lo sviluppo e la progettazione dei più rilevanti componenti di reattori nucleari a fissione ed a fusione.

## **OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO I**

Il modulo mira ad approfondire le tematiche connesse alla progettazione dei principali componenti circuitali e di controllo di un impianto elettronucleare di II e III generazione.

L'attenzione sarà focalizzata sul principio di funzionamento di un tipico impianto nucleare a fissione e sulla individuazione dei suoi componenti chiave e delle relative funzioni. Si procederà alla classificazione di tali impianti in generazioni, concentrando l'attenzione sugli impianti di I e II generazione. Si continuerà classificando quest'ultimi in reattori termici, epidermici e veloci coerentemente con lo spettro energetico dei neutroni di fissione e, in relazione ai primi, si considereranno le principali filiere di reattori, classificandole in relazione alla tipologia ed allo stato del moderatore previsto.

L'attenzione si concentrerà in seguito sulla descrizione della metodologia di progettazione di componenti di impianti nucleari, approfondendo l'aspetto concernente la normativa ASME di

pertinenza. Successivamente si descriveranno le caratteristiche costruttive e funzionali dei tipici circuiti di un impianto elettronucleare e si illustreranno i principi dell'ingegneria dei circuiti idraulici di un tal tipo di impianto. Verranno in seguito esaminati nel dettaglio gli elementi di progettazione relativi ai seguenti componenti di impianto:

- Barre di controllo
- Vessel, contenitori in pressione e pressurizzatore
- Pompe e Valvole
- Scambiatore di Calore

<b>MODULO I</b>	<b>INGEGNERIA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Principio di funzionamento di un reattore a fissione
2	Classificazione dei reattori nucleari a fissione in I, II, III e IV Generazione
2	Reattori a fissione moderati ad acqua: Principali filiere e relativi schemi di impianto – Nocciolo - Elementi di combustibile – Vessel – Pressurizzatore – Generatore di vapore – Pompe di circolazione ed alimentazione
3	Tipici componenti di un impianto elettronucleare
5	Ingegneria dei circuiti idraulici di un impianto nucleare
2	Elementi di progettazione delle Barre di controllo di un impianto nucleare
5	Elementi di progettazione di Vessel e contenitori in pressione
5	Elementi di progettazione del Pressurizzatore di un impianto nucleare
5	Elementi di progettazione delle Pompe di un impianto nucleare
5	Elementi di progettazione delle Valvole di un impianto nucleare
5	Elementi di progettazione dello Scambiatore di Calore di un impianto nucleare
	<b>ESERCITAZIONI</b>
2	Elementi di progettazione delle Barre di controllo di un impianto nucleare
2	Elementi di progettazione di Vessel e contenitori in pressione
2	Elementi di progettazione del Pressurizzatore di un impianto nucleare
3	Elementi di progettazione delle Pompe di un impianto nucleare
3	Elementi di progettazione delle Valvole di un impianto nucleare
3	Elementi di progettazione dello Scambiatore di Calore di un impianto nucleare
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Cumo, Impianti Nucleari, UTET</li> <li>• C. Lombardi, Impianti Nucleari, CUSL</li> <li>• J. R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, Addison&amp;Wesley</li> <li>• Dispense su alcuni degli argomenti del corso</li> </ul>

### **OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO II**

Il modulo mira a formare un corpus di conoscenze di fisica del plasma propedeutiche allo studio delle funzioni e del comportamento dei principali componenti di un reattore a fusione nucleare. L'attenzione sarà focalizzata sulle principali reazioni di fusione nucleare ipotizzate per lo sviluppo di reattori su scala industriale e sulle relative caratteristiche energetiche. Si introdurrà il concetto di plasma quale quarto stato di aggregazione della materia e se ne definiranno le principali grandezze fisico-matematiche che ne consentono la caratterizzazione del comportamento quali la funzione di distribuzione delle specie particellari, la temperatura assoluta nonché il tasso ed il parametro di reazione. Si esamineranno i principali processi collisionali tra particelle cariche in plasma, introducendo il concetto di lunghezza di Debye e si appunterà l'attenzione sull'emissione di radiazioni di bremsstrahlung e di ciclotrone. Si procederà allo sviluppo dei modelli cinetici e dei

modelli fluidi di un plasma, appuntando l'attenzione su un modello semplificato di plasma omogeneo ed uniforme, che verrà applicato al caso di un plasma D-T. Infine, si introdurranno i concetti di break-even ed ignizione e se ne deriveranno i pertinenti criteri di Lawson.

<b>MODULO II</b>	<b>INGEGNERIA DEI REATTORI A FUSIONE - I</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Reazione di fusione nucleare
1	Cenni sulla dinamica di una reazione di fusione nucleare - Energia di soglia - Sezione d'urto
3	Il plasma - Funzioni di distribuzione delle particelle, temperatura assoluta, tasso di reazione e parametro di reazione - Principio di quasi-neutralità del plasma
2	Processi collisionali di particelle cariche - Sezione d'urto di scattering elastico - Lunghezza di Debye - Radiazioni di Bremsstrahlung e di ciclotrone
3	Modello cinetico di un plasma - Equazione del trasporto di Boltzmann - Equazione di Vlasov
4	Modelli fluidi di un plasma - Equazioni di continuità, della quantità di moto e dell'energia di una popolazione di particelle - Tempi di confinamento - Modello magnetoidrodinamico di un plasma
3	Modello dinamico di un plasma omogeneo ed uniforme. Applicazione al caso di plasmi D - T
2	Break-even ed ignizione: criteri di Lawson
	<b>ESERCITAZIONI</b>
2	Il plasma - Funzioni di distribuzione delle particelle, temperatura assoluta, tasso di reazione e parametro di reazione - Principio di quasi-neutralità del plasma
1	Processi collisionali di particelle cariche - Sezione d'urto di scattering elastico - Lunghezza di Debye - Radiazione di Bremsstrahlung
1	Modelli fluidi di un plasma - Equazioni di continuità, della quantità di moto e dell'energia di una popolazione di particelle - Tempi di confinamento - Modello magnetoidrodinamico di un plasma
3	Modello dinamico di un plasma omogeneo ed uniforme. Applicazione al caso di plasmi D - T
1	Break-even ed ignizione: criteri di Lawson
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Dolan, Fusion Research - Vol. I-III, Pergamon Press, 1982</li> <li>• Harms et alii, Principles of Fusion Energy, World Scientific, 2000</li> <li>• F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press, 1984</li> </ul>

### **OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO III**

Il modulo mira a fornire una panoramica delle principali problematiche ingegneristiche connesse allo sviluppo di reattori a fusione nucleare, analizzandone i principali componenti e le pertinenti funzioni e condizioni di sollecitazione.

L'attenzione sarà focalizzata sul confinamento del plasma e sulle relative metodologie con particolare riferimento al confinamento inerziale ed a quello magnetico. Per quanto concerne il primo se ne studierà il bilancio energetico, definendo l'energia di compressione. Per quanto attiene al secondo si studierà il moto di una particella carica in un campo elettromagnetico in presenza di campi esterni, evidenziandone i moti di deriva e gli invarianti del moto. Si analizzeranno le caratteristiche e la stabilità dei sistemi di confinamento magnetico aperti e chiusi, con particolare

attenzione ai reattori TOKAMAK. Successivamente si studieranno i principali componenti di un reattore TOKAMAK, quali i magneti, il blanket ed i componenti ad alto flusso, e si studieranno le interazioni plasma parete e la dinamica del trizio in un reattore di tal tipo.

<b>MODULO III</b>	<b>INGEGNERIA DEI REATTORI A FUSIONE - II</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Confinamento del plasma – Confinamento elettrostatico – Confinamento gravitazionale - Confinamento inerziale – Confinamento magnetico
2	Metodo di confinamento inerziale – Parametro $\rho$ -R – Bilancio energetico ed energia di compressione
4	Metodo di confinamento magnetico: Moto di una particella carica in un campo elettromagnetico – Moti di deriva dovuti a campi esterni, campi variabili in intensità ed in direzione – Invarianti del moto
3	Sistemi di confinamento magnetico aperti – pressione cinetica e magnetica – Specchi magnetici - Instabilità
4	Sistemi di confinamento magnetico chiusi – Campi toroidali e poloidali – Macchina TOKAMAK: confinamento delle particelle, equilibrio e stabilità – Macchina Stellarator
3	Principali componenti di un reattore di tipo TOKAMAK: magneti, blanket e componenti ad alto flusso – Interazioni plasma parete ed effetto delle impurità
3	Modelli per la dinamica del trizio - Tritium breeding
1	Reattori JET, ITER e DEMO
	<b>ESERCITAZIONI</b>
1	Metodo di confinamento inerziale – Parametro $\rho$ -R – Bilancio energetico ed energia di compressione
1	Metodo di confinamento magnetico: Moto di una particella carica in un campo elettromagnetico – Moti di deriva dovuti a campi esterni, campi variabili in intensità ed in direzione – Invarianti del moto
1	Sistemi di confinamento magnetico aperti – pressione cinetica e magnetica – Specchi magnetici - Instabilità
1	Sistemi di confinamento magnetico chiusi – Campi toroidali e poloidali – Reattori TOKAMAK e Stellarator: confinamento, equilibrio e stabilità
1	Principali componenti di un reattore di tipo TOKAMAK: magneti, blanket e componenti ad alto flusso – Interazioni plasma parete ed effetto delle impurità
2	Modelli per la dinamica del trizio - Tritium breeding
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Dolan, Fusion Research – Vol. I-III, Pergamon Press, 1982</li> <li>• Harms et alii, Principles of Fusion Energy, World Scientific, 2000</li> <li>• F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press, 1984</li> </ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria								
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011								
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare								
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Laboratorio di Misure Nucleari e Dosimetria (C.I.)</b>								
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante								
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare								
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	14198								
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	SI								
<b>NUMERO MODULI</b>	2								
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/20								
<b>DOCENTE RESPONSABILE (modulo 1)</b>	SALVATORE RIZZO PROF. ORD. Università Degli Studi Di Palermo								
<b>DOCENTE COINVOLTO (modulo 2)</b>	Elio tomarchio P.O. Università degli Studi di Palermo								
<b>CFU</b>	6+6								
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	180								
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	60+60								
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	-								
<b>ANNO DI CORSO</b>	II								
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>								
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	<table> <tr> <td>Attività didattica</td> <td>Ore</td> </tr> <tr> <td>Lezioni frontali</td> <td>60+60</td> </tr> <tr> <td>Esercitazioni</td> <td>30+30</td> </tr> <tr> <td>Laboratorio</td> <td>10+10</td> </tr> </table>	Attività didattica	Ore	Lezioni frontali	60+60	Esercitazioni	30+30	Laboratorio	10+10
Attività didattica	Ore								
Lezioni frontali	60+60								
Esercitazioni	30+30								
Laboratorio	10+10								
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria								
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale								
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi								
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre								
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>								
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	11-12 martedì e giovedì								

### **Risultati di apprendimento attesi**

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

Lo studente, al termine del corso, dovrà avere maturato competenze teoriche e ingegneristiche avanzate nel campo della modellazione delle misure nucleari, della progettazione di semplici circuiti per il funzionamento di catene di conteggio e nella progettazione di programmi per l'analisi dei dati.

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

Lo studente dovrà essere capace di realizzare e applicare programmi modellazione delle misure

nucleari, realizzare semplici circuiti per il funzionamento di catene di conteggio e programmi per l'analisi dei dati.

**Autonomia di giudizio**

Lo studente sarà in grado di verificare l'attendibilità dei risultati e gestire eventuali disfunzioni.

**Abilità comunicative**

Lo studente sarà capace di risolvere e modellare problematiche complesse per la progettazione dei sistemi utili per la progettazione dei circuiti o dei programmi di interesse.

**Capacità d'apprendimento**

Lo studente sarà in grado di approfondire tematiche complesse riguardanti l'interazione dei neutroni, dei gamma e degli elettroni con i vari materiali simulati nonché il funzionamento dei vari componenti elettronici.

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO I**

Obiettivo del modulo è approfondire alcune tematiche inerenti la modellazione nel campo delle misure nucleari con metodi Montecarlo.

Obbiettivi di questo modulo sono inoltre lo studio e la realizzazione di semplici circuiti per il funzionamento di una catena di conteggio e la realizzazione di programmi per l'analisi dei dati.

<b>MODULO I</b>	
<b>LEZIONI FRONTALI</b>	
10	Introduzione al corso. La modellazione con metodi Montecarlo.
20	Applicazione delle tecniche Montecarlo al la simulazione delle misure nucleari. Rivelazione dei raggi gamma emessi da sorgenti di varie geometrie con diversi rivelatori a oscillazione ed a semiconduttore. Determinazione di varie grandezze, quali flusso e dose dei neutroni emessi da sorgenti di varie geometrie immersi i vari materiali.
15	Progettazione della catena di conteggio da realizzare, scelta dei componenti. Studio delle loro caratteristiche di funzionamento..
15	Linguaggi di programmazione e caratteristiche del programma di analisi dei dati da realizzare.
15	<b>ESERCITAZIONI</b> pratiche Realizzazione dei programmi e verifica sperimentale dei risultati
15	<b>ESERCITAZIONI PRATICHE</b> Stesura e prova del programma. Valutazione dei risultati.
10	<b>LABORATORIO:</b> Realizzazione del circuito di funzionamento della catena di rivelazione e prova delle prestazioni.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	MCNP/MCNPX: manuale d'uso. Appunti del docente

<b>FACOLTÀ</b>	INGEGNERIA
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/11
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	<b>Ingegneria Energetica e Nucleare</b>
<b>INSEGNAMENTO</b>	Modelli per l'ambiente
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	LM-30
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	09112
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/11
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Gianluca Scaccianoce Ricercatore Università degli Studi di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	90
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	60
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio, Visite in campo
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale, Presentazione di un progetto
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Martedì e Giovedì, 12-14

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gli studenti apprenderanno l'uso di modelli matematici per lo studio dell'impatto ambientale provocato da varie tipologie di opere, con particolare riferimento all'impatto atmosferico e a quello acustico. In particolare alla fine del corso gli studenti saranno capaci di abbozzare uno studio di impatto ambientale di una qualsiasi opera soggetta a V.I.A..</li> </ul> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• I discenti dovranno far propri i concetti basilari del corso allo scopo di modificare anche il proprio approccio mentale alla valutazione degli impatti. Inoltre saranno in grado di utilizzare strumenti e modelli matematici, nonché strumenti inerenti l'analisi in campo degli impatti creati da impianti per la conversione di energia.</li> </ul>
--

**Autonomia di giudizio**

- Lo studente sarà in grado di analizzare le principali informazioni necessarie per lo studio d'impatto ambientale; sarà in grado di raccogliere i dati necessari allo studio e di interpretare i risultati dello studio; infine, sarà in grado di organizzare i dati al fine di produrre un report e di interpretare l'efficacia di diverse alternative/soluzioni proposte.

**Abilità comunicative**

- Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarò in grado di sostenere conversazioni su tematiche di Valutazione di Impatto Ambientale, di inquinamento atmosferico ed acustico e sulle varie problematiche attinenti il reperimento dei dati e le misure in campo, sia ad un pubblico esperto che non.

**Capacità d'apprendimento**

- Grazie alle conoscenze acquisite nel corso, i discenti avranno la capacità di aggiornamento tramite consultazione di pubblicazioni e/o documentazione specialistica del settore, capacità di seguire sia master di secondo livello, sia corsi d'approfondimento sia seminari.

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso si propone di istruire i discenti all'uso delle principali metodologie e degli strumenti di calcolo per lo svolgimento di analisi di impatto ambientale, con particolare riferimento all'impatto atmosferico e acustico.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
4	Introduzione alla modellistica ambientale
2	Introduzione ai principali inquinanti atmosferici
4	Modelli di emissione
8	Modelli di diffusione di inquinanti atmosferici
2	La legislazione italiana sull'inquinamento atmosferico
4	Introduzione all'inquinamento acustico
2	Tipologie di sorgenti sonore
8	Modelli di propagazione dell'onda sonora
2	Legislazione italiana sull'inquinamento acustico
	<b>ESERCITAZIONI</b>
6	Esercitazioni sui modelli di diffusione di inquinanti atmosferici
6	Esercitazione sui Modelli di propagazione dell'onda sonora
12	Caso studio di una Centrale termoelettrica
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• G. Finzi, G. Pirovano, M. Volta, Gestione della Qualità dell'Aria. Modelli di Simulazione e Previsione, McGraw-Hill</li> <li>• E. Cirillo, Acustica Applicata, McGrawHill</li> <li>• Dispense didattiche</li> </ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	<b>Ingegneria Energetica e Nucleare</b>
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Progettazione di impianti energetici</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria energetica e nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	12685
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/10
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Massimo Morale Professore Associato SSD: ING-IND/10 Università di Palermo
<b>CFU</b>	<b>9</b>
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	140
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	90
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	Secondo
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio, Visite in campo, Studi di fattibilità e simulazione di impianti
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale, Presentazione di elaborati relativi a casi studio
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Martedì dalle 8 alle 10, ev. anche per appuntamento

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze adeguate degli impianti industriali con piena maturità. Egli sarà in grado di applicare le proprie conoscenze e la propria comprensione per la progettazione, la realizzazione, il controllo e l'organizzazione della gestione degli impianti energetici.</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e capacità di comprensione adeguate per condurre studi, anche complessi, per la caratterizzazione di macchine, impianti e processi industriali, valutarne le prestazioni e la relativa efficienza, per affrontare, con piena maturità, problematiche relative alla progettazione e la realizzazione di impianti energetici anche innovativi e complessi.</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b> Lo studente acquisirà adeguata capacità di giudizio in relazione alle tematiche di pertinenza</p>
--

dell'insegnamento. Egli avrà, altresì, la capacità di integrare conoscenze e di affrontare la complessità, di formulare giudizi, pur disponendo talvolta di dati incompleti, sulla scorta dei dati raccolti e delle conoscenze acquisite, e sarà in grado di formulare giudizi autonomi sull'efficacia delle diverse soluzioni ingegneristiche applicabili alla fattispecie di volta in volta esaminata, nonché sull'impatto tecnico-economico delle soluzioni proposte.

**Abilità comunicative**

Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio in relazione alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento.

**Capacità d'apprendimento**

Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia le problematiche relative alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento.

**OBIETTIVI FORMATIVI**

Il Corso di *Progettazione di impianti energetici* è rivolto allo studio degli impianti energetici, essenzialmente di tipo industriale, sia convenzionali che innovativi.

La disciplina, di carattere fortemente applicativo, richiede una adeguata maturità dell'Allievo per i molteplici richiami alle materie studiate nel Corso di Laurea triennale, particolarmente per la sezione dell'Energetica.

Il Corso intende, attraverso l'analisi dettagliata di diverse tipologie impiantistiche e con un congruo numero di esercitazioni, fornire agli Allievi le nozioni e le abilità per poter autonomamente intraprendere lo studio, la progettazione e la verifica di impianti industriali.

Il Corso si propone di completare la figura professionale che si verrà a costituire con la Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare, fornendo inoltre anche quelle nozioni di raccordo e di gestione di gruppi di progettazione nel campo energetico, sia attraverso varie Esercitazioni applicative che con un ampio lavoro di Laboratorio.

<b>Progettazione di impianti energetici</b>	
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
7	Richiami sulle principali tecnologie che attengono agli impianti energetici, sui processi, sulle caratteristiche prestazionali, sui criteri per quantificarne l'efficienza. Classificazione di alcuni tipi di impianto.
6	Metodi per lo studio di fattibilità, la progettazione e la realizzazione di impianti energetici sia convenzionali che innovativi.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di alcune tipologie di impianti energetici. Studio budgettario e raffronto tecnico economico di progetti, per la scelta manageriale.
3	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la produzione geotermoelettrica: a vapore/condensazione; a vapore a flash/condensazione a ciclo organico.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la combustione del carbone con combustori a letto fluidizzato
5	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti IGCC per la combustione del carbone e dei residui di raffineria.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la produzione decentrata di energia elettrica e la cogenerazione con celle a combustibile MCFC e SOFC.
2	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti MHD.
5	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di grandi impianti avanzati per la produzione e l'utilizzazione del freddo.

5	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la liquefazione e la rigassificazione del GNL.
<b>ESERCITAZIONI/LABORATORIO</b>	
4	Richiami sulle principali tecnologie che attengono agli impianti energetici, sui processi, sulle caratteristiche prestazionali, sui criteri per quantificarne l'efficienza. Classificazione di alcuni tipi di impianto.
4	Metodi per lo studio di fattibilità, la progettazione e la realizzazione di impianti energetici sia convenzionali che innovativi.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di alcune tipologie di impianti energetici. Studio budgettario e raffronto tecnico economico di progetti, per la scelta manageriale.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la produzione geotermoelettrica: a vapore/condensazione; a vapore a flash/condensazione a ciclo organico.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la combustione del carbone con combustori a letto fluidizzato
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti IGCC per la combustione del carbone e dei residui di raffineria.
8	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la produzione decentrata di energia elettrica e la cogenerazione con celle a combustibile MCFC e SOFC.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti MHD.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di grandi impianti avanzati per la produzione e l'utilizzazione del freddo.
4	Studio di fattibilità, progettazione verifica e simulazione del funzionamento di impianti per la liquefazione e la rigassificazione del GNL.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Appunti del Docente e copie di articoli e manuali distribuiti durante il corso.</li> <li>2. AA. VV. : <i>Manuale di manutenzione industriale</i>, Tecniche Nuove, 2005.</li> <li>3. AA. VV., <i>Manuale degli impianti termici e idrici</i>, Tecniche Nuove, 2005</li> <li>4. Baher H.D.: <i>Thermodynamik</i>, Springer-Verlag, Berlin, 1996.</li> <li>5. Bearzi V. ; Licheri P.: <i>Manuale degli impianti a gas</i>, Tecniche Nuove, 2007.</li> <li>6. Bejan A., Tsatsaronis G., Moran M.: <i>Thermal design and optimization</i>, J. Wiley, 1996.</li> <li>7. Bejan A.: <i>Entropy generation minimization</i>, CRC Press, 1996.</li> <li>8. Borel L., Lan Nguyen D., Batato M., Montero J.: <i>Thermodynamique et energetique, Vol. 2</i>, Press. Pol. et Un. Romandes, 1987.</li> <li>9. Borel L.: <i>Thermodynamique et energetique, Vol. 1</i>, Press. Pol. et Un. Romandes, 1984.</li> <li>10. Di Pippo R.: <i>Geothermal Power Plants : Principles, Applications, Case Studies And Environmental Impact</i>, Elsevier Butterworth-Hein, 2008.</li> <li>11. El-Wakil M.: <i>Powerplant Technology</i>, McGraw-Hill, 1985.</li> <li>12. Fraas A.P.: <i>Engineering Evaluation of Energy Systems</i>, Mc Graw Hill, 1982.</li> <li>13. Haywood R.W.: <i>Analysis of Engineering cycles - Power, Refrigerating and Gas Liquefaction plant</i>, Pergamon Press, 1991.</li> <li>14. Li K.W., Priddy A.P.: <i>Power Plant System Design</i>, J. Wiley, 1985.</li> <li>15. Linnhoff B. et Al.: <i>A user guide on Process integration for the efficient use of energy</i>, The Institution of Chemical Engineers, England, 1982.</li> </ol>

- |  |   |
|--|---|
|  | <ol style="list-style-type: none"><li>16. Olivari V.: <i>Manuale degli impianti per l'industria</i>, Tecniche Nuove, 1999.</li><li>17. Petrecca G.: <i>Industrial Energy Management: principles and applications</i> - Kluwer Ac. Pub., 1993.</li><li>18. Prabir B. : <i>Combustion and Gasification in Fluidized Beds</i>, Taylor &amp; Francis Ltd., 2006</li><li>19. Prigogine I., Kondepudi D.: <i>Termodinamica: dalle macchine termiche alle strutture dissipative</i>, Bollati Boringhieri, 2002.</li><li>20. Silvestri M.: <i>Il futuro dell'Energia</i>, Bollati Boringhieri, Ottobre 1988.</li><li>21. Sorensen A.: <i>Energy Conversion Systems</i>, J. Wiley, 1983.</li><li>22. Sycev V.V.: <i>Sistemi termodinamici complessi</i>, Editori riuniti/MIR, 1985.</li><li>23. Thuesen G.J., Fabrycky W.J.: <i>Economia per ingegneri</i>, Il Mulino, 1994.</li></ol> |
|--|---|

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	Tecniche Monte Carlo per l'ingegneria
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Affine
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	LM-30
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	14201
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	1
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Pierluigi Chiovaro Ricercatore a tempo determinato Università di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	95
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	55 (40 di lezioni frontali e 15 di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Calcolo, Fisica, Metodi Matematici per l'Ingegneria, Principi di Ingegneria Nucleare
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Lunedì – mercoledì – venerdì 10 ÷ 11

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementi di teoria della probabilità e di statistica</li> <li>• Generazione di numeri pseudo – casuali</li> <li>• Regole di campionamento e “scoring”</li> <li>• Stima dell'errore</li> <li>• Tecniche di riduzione della varianza</li> </ul> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione applicate sui seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soluzione di sistemi di equazioni lineari algebriche e di equazioni differenziali per via statistica</li> </ul>
---

- Studio del trasporto di particelle nucleari
- Analisi di affidabilità con tecniche Monte Carlo in campo ingegneristico

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di autonomia di giudizio sui seguenti argomenti:

- Comprensione e analisi critica di pubblicazioni inerenti alle tecniche Monte Carlo
- Applicabilità di metodi numerici di natura statistica
- Realizzazione e ottimizzazione di algoritmi di tipo Monte Carlo

### **Abilità comunicative**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di dimestichezza con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito delle tecniche Monte Carlo con specifico riferimento allo studio del trasporto di particelle nucleari e dell'ingegneria dell'affidabilità, riuscendo ad interagire con professionisti e/o ricercatori del settore

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente, al termine del corso, avrà sviluppato la capacità di apprendere le problematiche scientifico-tecnologiche che caratterizzano le analisi con tecniche Monte Carlo di problemi di carattere ingegneristico.

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

La conoscenza adeguata degli aspetti metodologici-operativi relativi agli argomenti oggetto del corso e la capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Definizione di Metodi Monte Carlo; Storia del metodo Monte Carlo
6	Elementi di teoria della probabilità e di statistica:
3	Generazione di numeri pseudo - casuali
3	Random walk discreto e continuo
2	Integrazione Monte Carlo
2	Campionamento da funzioni densità di probabilità e da funzioni cumulative; trasformazioni di funzioni densità di probabilità
3	Tecniche di reiezione
3	Campionamento statistico; tallying canonico
3	Tecniche di riduzione della varianza
2	Equazione integrale di trasporto neutronico e random walk
3	Metodi Monte Carlo applicati al problema della conduzione termica sia in regime stazionario che transitorio
3	Soluzione con metodi Monte Carlo di equazioni differenziali paraboliche ed ellittiche
2	Soluzione con metodi Monte Carlo di sistemi di equazioni algebriche lineari
4	Simulazioni Monte Carlo applicate al problema dell'affidabilità di un impianto
	<b>ESERCITAZIONI</b>
3	Algoritmi per la generazione di numeri pseudo – casuali; applicazione del metodo Monte Carlo all'integrazione di funzioni reali; utilizzo del metodo di reiezione
3	Applicazione di tecniche Monte Carlo per risolvere alcuni problemi di trasporto di particelle nucleari (1)
3	Applicazione di tecniche Monte Carlo per la soluzione dell'equazione di diffusione della temperatura
3	Applicazione di tecniche Monte Carlo per la soluzione di sistemi di equazioni algebriche lineari
3	Applicazione di tecniche Monte Carlo per la soluzione di problemi ingegneristici legati

	all'affidabilità
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<p>S. Nakamura, Computational, Methods in Engineering and Science, John Wiley &amp; Sons, 1977.</p> <p>M. Marseguerra - E. Zio, Basics og the Monte Carlo Method with Application to System Reliability, LiLoLe – Verlag GmbH, 2002.</p> <p>J. Spanier – E. M. Gelbard, Monte Carlo Principles and Neutron Transport Problems, Dover Publications INC, 2008.</p>

<b>FACOLTÀ</b>	INGEGNERIA
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/11
<b>CORSO DI LAUREA</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	Tecnologia dell'idrogeno e pile a combustione
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Affine
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	09189
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	Elencare i SSD dei diversi moduli
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Piazza Salvatore P.O. Università di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	101
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	49
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	II
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa, Obbligatoria
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Giorni e orari di ricevimento: martedì e giovedì 16 - 18

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b></p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <p><b>Autonomia di giudizio</b></p> <p><b>Abilità comunicative</b></p> <p><b>Capacità d'apprendimento</b></p>
---

<p><b>OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO</b></p> <p>Fornire una conoscenza di base sui principi di funzionamento delle celle a combustibile, nonché sul funzionamento di questi dispositivi e sui processi di fabbricazione.</p>
--

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
3	Presentazione del Corso. L'economia mondiale, produzione e consumi di energia nel passato ed oggi. Emissioni nocive nell'atmosfera. Verso l'economia dell'idrogeno: ragioni ed implicazioni.
3	Metodi industriali di produzione dell'idrogeno.
2	Descrizione delle catene galvaniche e degli elettrolizzatori.
2	Produzione di anidride carbonica nei processi di produzione di idrogeno. Metodi di cattura.
3	Caratteristiche chimico-fisiche dell'idrogeno. Descrizione dei metodi fisici e chimici di stoccaggio.
2	Trasporto di carica in conduttori di II specie. Legge di Faraday.
2	Bilancio energetico di una trasformazione. Effetti energetici di reazione.
4	Termodinamica delle celle a combustibile.
5	Dissipazioni nelle celle a combustibile e cinetica dei processi.
2	Descrizione dello stack. Le diverse celle a combustibile. Figure di merito.
8	Descrizione, fabbricazione, funzionamento ed applicazioni delle PEM FC.
4	Descrizione, funzionamento ed applicazioni delle AFC e delle DMFC.
2	Caratteristiche delle celle a combustibile per medie ed alte temperature.
7	Descrizione, funzionamento ed applicazioni delle PAFC, delle MCFC e delle SOFC.
	<b>ESERCITAZIONI</b>
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	J. Larminie, A. Dicks, "Fuel Cell Systems Explained", Wiley (2003). M. Noro, "Celle a combustibile", Dario Flaccovio Editore (2003).

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010-2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Accumulo di Energia con Processi Chimici</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A Scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Chimica
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	10512
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	SI
<b>NUMERO MODULI</b>	2
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/23
<b>DOCENTE RESPONSABILE (MODULO 1) (3 CFU)</b>	Carmelo SUNSERI Professore Ordinario Università di Palermo
<b>DOCENTE COINVOLTO (MODULO 2) (3CFU)</b>	Rosalinda INGUANTA Assegnista di Ricerca ING-IND/23 Università di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	90
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	60
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	II
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Tutti i giorni dalle 13 alle 14

### **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza degli aspetti termodinamici e cinetici inerenti l'accumulo di energia per via chimica. In particolare, sarà in grado di comprendere il ruolo delle reazioni elettrodiche, e del trasporto di materia in soluzione nel determinare le prestazioni delle batterie sia primarie che secondarie. Lo studente, altresì, comprenderà le cause di scostamento delle specifiche operative delle batterie (quali differenza di potenziale, capacità, energia specifica, densità di energia ecc.) da quelle di progetto e come le soluzioni costruttive tendano a ridurre tale differenza. La illustrazione e discussione delle diverse tipologie di curve di scarica permetteranno di comprendere quali fattori controllano la prestazione della batteria.

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

Lo studente conoscerà gli aspetti fondamentali di termodinamica e cinetica chimica per valutare

l' idoneità di un sistema elettrochimico ad essere impiegato per l' accumulo di energia. Sarà in particolare nelle condizioni di individuare l' applicazione più adatta di uno specifico sistema., avendo conoscenza sia delle specifiche richieste dall' utilizzatore finale sia delle caratteristiche e delle prestazioni che contraddistinguono ciascun sistema.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente sarà in grado di valutare la diversa natura dei sistemi in esame identificando i parametri utili alla loro descrizione. Sarà altresì in grado di valutare le condizioni più idonee di stoccaggio e di funzionamento che garantiscano le migliori prestazioni delle differenti tipologie di batterie nel rispetto della sicurezza delle cose e delle persone

### **Abilità comunicative**

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l' accumulo di energia per via chimica. Sarà in grado di sostenere conversazioni su tematiche riguardanti le batterie, e di evidenziare i fattori che ne influenzano le prestazioni e tra questi quelli suscettibili di modifiche ai fini dello sviluppo tecnologico..

### **Capacità d' apprendimento**

Lo studente avrà appreso come si può ricavare energia elettrica da una reazione chimica e viceversa come si può far avvenire una reazione chimica mediante l' impiego di energia elettrica. Conoscerà pertanto sia gli aspetti teorici fondamentali, che quelli ingegneristici legati alla realizzazione pratica di sistemi in grado di convertire energia chimica in elettrica e viceversa.

## **OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 1: PROCESSI ELETTROCHIMICI DI ACCUMULO DI ENERGIA**

Il settore delle batterie è attualmente uno dei più dinamici in termini di sviluppo tecnologico a causa della sempre crescente domanda di accumulo di energia per le più diverse applicazioni che vanno dall' alimentazione di sistemi portatili, remoti, o di emergenza, all' autotrazione, e, potenzialmente in futuro, al livellamento di picchi di energia. In considerazione dell' ampia gamma di impieghi, lo studio di questi sistemi rappresenta un completamento opportuno del percorso formativo di 2° livello in Ingegneria Energetica. Il 1° modulo del corso si propone di fornire le conoscenze tecnologiche più aggiornate nel settore delle batterie partendo dall' illustrazione degli aspetti fondamentali di elettrochimica, per poi approfondire gli aspetti più immediatamente applicativi che riguardano le caratteristiche e le possibili prestazioni di questi sistemi.

<b>MODULO 1</b>	<b>PROCESSI ELETTROCHIMICI DI ACCUMULO DI ENERGIA</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Presentazione del corso – Impatto di mercato delle batterie
3	Richiami di Termodinamica: Energia Interna, Entalpia, Energia Libera, Entalpia Libera – Variabili evolutive di un sistema sede di reazione chimica – Effetti energetici di reazione Rendimento di trasformazione di energia chimica in lavoro utile
3	Interfaccia metallo /elettrolita – Distribuzione di potenziale – Legge di Nernst – Serie elettrochimica dei potenziali standard – Diagramma di Pourbaix dell' acqua
4	Accoppiamento galvanico: pile – Fondamenti di cinetica chimica – Equazione di Butle-Volmer – Legge di Tafel –Processi elettrolici concorrenti: tensioni miste ed efficienza di corrente
2	Trasporto di massa la superficie elettrodica – polarizzazione di concentrazione – Bilancio di tensione - Potenziale termo neutro – Bilancio termico di una pila

2	Componenti di una batteria – Classificazione delle batterie - Capacità, energia specifica e densità di energia teoriche e pratiche
4	Fattori che influenzano la prestazione di una batteria – Valutazione di una batteria sotto differenti condizioni di scarica – Temperatura di scarica – Tempo di vita – Shelf life e charge retention
2	Standardizzazione delle batterie: enti e nomenclatura
3	Sicurezza delle batterie – Progettazione di batterie primarie e secondarie
4	Fattori da considerare nella scelta di una batteria – Applicazioni delle batterie – Caratteristiche richieste per le diverse applicazioni
<b>28</b>	

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 2: SISTEMI ELETTROCHIMICI DI ACCUMULO DI ENERGIA ED ESERCITAZIONI**

Il 2° modulo del corso si propone di completare il percorso formativo riguardante l'accumulo di energia per via elettrochimica fornendo la descrizione delle tipologie di batterie di più largo interesse tecnologico. Parte integrante di questo modulo è anche lo svolgimento di esercitazioni di aula riguardanti l'analisi di sistemi di accumulo per applicazioni specifiche e di esercitazioni di laboratorio tendenti ad evidenziare il funzionamento di sistemi elettrochimici e le diverse tecniche di misura.

<b>MODULO 2</b>	<b>SISTEMI ELETTROCHIMICI DI ACCUMULO DI ENERGIA</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
3	Caratteristiche generali e applicazioni delle batterie primarie – tipologie di batterie primarie – Confronto di prestazioni tra le diverse tipologie – Tensione e profilo di scarica -
1	Batterie Zn-Carbone (Leclanchè e Zn cloruro): reazioni, materiali, costruzione e prestazioni
2	Batterie alcaline: reazioni, materiali, costruzione e prestazioni
2	Batterie primarie al Li: reazioni, materiali, costruzione e prestazioni
3	Batterie piombo-acido: reazioni, materiali, costruzione e prestazioni
1	Batterie VRLA: costruzione e prestazione
2	Batterie Ni-MH: : reazioni, materiali, costruzione e prestazioni
3	Batterie Li-ione: reazioni, materiali, costruzione e prestazioni
1	Sviluppi futuri
<b>18</b>	
	<b>ESERCITAZIONI AULA E LABORATORIO</b>
3	Batterie per autotrazione (Aula)
3	Batterie stazionarie (Aula)
1	Strumenti di misura – Elettrodi di riferimento - Potenziale di elettrodo – Potenziale di cella (Lab)
1	Misure amperostatiche, tensiostatiche, potenziometriche, potenziodinamiche (Lab)
2	Misure di impedenza (Lab)
2	Caratterizzazione Elettrochimica di elettrodi di batterie (Lab)
2	Cicli di carica e scarica (Lab)
<b>14</b>	
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	Handbook of Batteries 3 <sup>rd</sup> ed., D. Linden, and TB. Reddy Eds., McGraw-Hill 2002 Industrial Applications of Batteries, From Cars to Aerospace and Energy



<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Applicazioni nucleari in campo medico</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	08975
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/20
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Elio tomarchio Ricercatore Università degli Studi di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	89
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	61
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Visite didattiche
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale, Presentazione di una tesina
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze adeguate per comprendere i principi di funzionamento delle apparecchiature, le caratteristiche della strumentazione in dotazione e di quelle impiegate per il controllo di funzionalità. Avrà informazioni sui protocolli di esecuzione di test e sui criteri di progettazione e realizzazione delle apparecchiature mediche di tipo nucleare.</li> </ul> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e capacità di comprensione adeguate per una ottimizzazione di metodiche di utilizzazione e di protezione da rischi correlati all'impiego di sorgenti radiogene. Sarà inoltre in grado di rilevare vari parametri, dosimetriche e ambientali, utili per la protezione del paziente e dei lavoratori e collaborare tecnicamente in fase di progettazione di impianti nucleari per impieghi medici anche di tipo innovativo.</li> </ul> <p><b>Autonomia di giudizio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito adeguata capacità di giudizio per valutare</li> </ul>
---

gli interventi per la verifica di funzionalità degli impianti ed eseguire misure per il collaudo e il controllo delle apparecchiature mediche.

**Abilità comunicative**

- Lo studente sarà in grado di descrivere con competenza e proprietà di linguaggio le valutazioni di rischi specifici e delle azioni da intraprendere per la riduzione dei potenziali rischi correlati alla attività oggetto di indagine.

**Capacità d'apprendimento**

- Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia le problematiche relative alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento e verificare le capacità di applicazione delle conoscenze e delle tecniche di calcolo in casi concreti.

**OBIETTIVI FORMATIVI**

La conoscenza adeguata degli aspetti metodologici-operativi relativi agli argomenti oggetto del corso e la capacità di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
25	<p>1. Richiami di Fisica delle Radiazioni Ionizzanti. Introduzione di concetti e nozioni di Dosimetria e Radioprotezione: Campi di radiazione. Interazione delle particelle cariche e di quelle neutre con la materia biologica. Coefficienti di interazione. Grandezze dosimetriche. Dose assorbita. Effetti biologici delle radiazioni . Meccanismi di danneggiamento dei tessuti cellulari. Effetti cellulari e molecolari delle radiazioni. Cenni di Radiobiologia. Radiosensibilità e suscettibilità individuale. Grandezze radioprotezionistiche. Attenuazione dei fotoni, Build-up. Calcolo della densità di flusso da sorgenti estese. Dosimetria interna. Calcoli di dose interna: aspetto metabolico e fisico-geometrico.</p> <p>2. Impiego delle radiazioni in Diagnostica e Terapia: principi, metodi e tipi di impianto. Impiego di acceleratori per la produzione di radiofarmaci (ciclotrone,...). Celle calde per la sintesi e manipolazione. Dispositivi di protezione e sicurezza. Trasporto e distribuzione di radiofarmaci. Generatori portatili. Sviluppi tecnologici.</p> <p><i>Apparecchiature per diagnostica</i> : impianti RX, TAC, Medicina Nucleare (SPECT, PET,...), Imaging funzionale, etc . Criteri di progettazione dei reparti. Standards internazionali e norme tecniche.</p>
20	<p><i>Apparecchiature per terapia</i>: Acceleratori (LINAC, IORT,...), Gamma-Knife, Brachiterapia, Radiochirurgia, etc. Piani di trattamento e implicazioni radiobiologiche. Principi ingegneristici di realizzazione dei reparti.</p> <p><i>Tecniche diagnostiche e radioterapiche innovative</i>: Radiografia digitale, TAC-PET, MicroPET, Radioterapia con adroni. Protonterapia, Terapia con neutroni, Boroterapia, etc.</p> <p>Metodologie di misura dei parametri fisici di funzionamento di varie apparecchiature radiogene. Misura della dose al paziente per esami medici. Livelli diagnostici di riferimento. Procedure di taratura.</p>
ORE FRONTALI	ESERCITAZIONI
6	Progetto di un reparto di Diagnostica "PET" con ciclotrone. Progetto di un reparto di medicina Nucleare.

10	Progetto di un reparto di radioterapia. Progetto di un reparto di brachiterapia. Visite didattiche presso siti di Medicina Nucleare e Radioterapia
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	Dispense preparate dal docente

<b>FACOLTÀ</b>	<i>Ingegneria</i>
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011
<b>CORSO DI LAUREA</b>	Laurea in Ingegneria Elettrica
<b>INSEGNAMENTO</b>	<i>Azionamenti Elettrici</i>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Elettrica
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	01521
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	--
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	<i>ING-IND/32</i>
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	<i>Giuseppe Ricco Galluzzo</i>  <i>Professore Ordinario</i>  <i>Università di Palermo</i>
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	90
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	60
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Matematica, elettrotecnica, macchine elettriche, Elettronica Industriale di Potenza, Fondamenti di Automatica, Misure Elettriche, Capacità di impiego del PC, conoscenza della lingua inglese
<b>ANNO DI CORSO</b>	III
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Aula prevista nell'orario delle lezioni (per le lezioni), U170 (per il laboratorio).
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale, Presentazione delle esercitazioni svolte
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre, Il modulo
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	2 ore al giorno da LUNEDI' a VENERDI' nelle ore previste dall'orario delle lezioni
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	N. 1 ora a fine lezione da LUNEDI' a VENERDI'.

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente al termine del Corso avrà conoscenze riguardanti la struttura e il comportamento degli azionamenti elettrici con motore a c. c. e degli azionamenti elettrici con motore a c. a. In particolare lo studente sarà in grado di comprendere problematiche relative al controllo degli azionamenti elettrici con motore a c.c., al controllo scalare e vettoriale degli azionamenti elettrici con motore a c.a..</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Lo studente avrà conoscenze e capacità di comprensione adeguate per scegliere ed assemblare i diversi componenti di un azionamento elettrico a c.c. e di un azionamento elettrico in c.a.. Inoltre sarà in grado di collaudare e gestire gli azionamenti elettrici con motore a c.c. e con motore in c.a. per automazione</p>
--

industriale e per trazione.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente sarà in grado di interpretare correttamente e autonomamente i problemi posti dagli utilizzatori di azionamenti elettrici. In particolare egli saprà esprimere giudizi sul corretto funzionamento e impiego degli azionamenti elettrici con motore a c.c. e con motore in c.a. e saprà collezionare le specifiche necessarie per la scelta dell'azionamento più adeguato, sia dal punto di vista tecnico che economico, alle esigenze del committente.

### **Abilità comunicative**

Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di sostenere conversazioni su tematiche riguardanti gli azionamenti elettrici, di evidenziare problemi relativi alla scelta e al corretto impiego degli azionamenti elettrici e di offrire soluzioni.

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente avrà acquisito capacità di apprendere, anche in modo autonomo, ulteriori conoscenze sugli azionamenti elettrici per trazione e per automazione industriale. Tali capacità di apprendimento gli consentiranno di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia ed discernimento.

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso ha carattere essenzialmente applicativo ed affronta lo studio degli azionamenti elettrici attualmente impiegati nel campo industriale ed in quello della trazione privilegiando in modo particolare le problematiche connesse con il loro funzionamento. In particolare, dopo una classificazione degli azionamenti elettrici in base al tipo di motore, di convertitore e di sistema di controllo, il corso tratta delle caratteristiche statiche dei carichi applicati al motore, delle modalità di accoppiamento motore-carico, delle equazioni del moto, delle condizioni di stabilità, della regolazione della velocità, del funzionamento sui quattro quadranti del piano coppia-velocità, della regolazione ad anello aperto e chiuso, del controllo di corrente e di coppia, di velocità e di posizione. Vengono quindi diffusamente trattati gli azionamenti con motori in corrente continua, gli azionamenti con motori in corrente alternata. Gli obiettivi formativi consistono nel fornire agli allievi capacità adeguate:

- per scegliere ed assemblare i diversi componenti di un azionamento elettrico a c.c. e di un azionamento elettrico in c.a;
- per collaudare e gestire gli azionamenti elettrici con motore a c.c. e con motore in c.a. per automazione industriale e per trazione.

<b>MODULO</b>	<b>DENOMINAZIONE DEL MODULO</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Schema a blocchi e componenti di un azionamento elettrico
6	Caratterizzazione statica e dinamica del sistema motore - carico
14	Analisi del comportamento degli azionamenti elettrici con motore a c. c. alimentato da convertitore con alcuni esempi di schemi di controllo
11	Analisi del comportamento degli azionamenti con motore asincrono e inverter (VSI, CSI, CRVSI) con esempi di schemi di controllo scalare
2	Elementi di controllo vettoriale degli azionamenti elettrici con motore asincrono
8	Analisi del comportamento degli azionamenti con motore sincrono e inverter (VSI, CSI) con esempi di schemi di controllo scalare
	<b>ESERCITAZIONI</b>
18	Esercitazioni numerico/pratiche su azionamenti in c.c. e in c.a.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fotocopie dei trasparenti utilizzati</li><li>• Leonhard W.: Control of Electrical Drives, Springer Verlag, 1996</li><li>• B. K. Bose: Power Electronics and AC drives, Prentice - Hall, 1986</li><li>• A. Bellini, G. Figalli: Il Motore asincrono negli azionamenti industriali, UNITOR 1990</li><li>• H. Bühler: Electronique de reglage et de puissance, Ed. Georgi, 1979</li></ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010-2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	Gestione dei Rifiuti Radioattivi e Disattivazione degli Impianti Nucleari
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	08957
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Pietro Alessandro Di Maio Ricercatore Università degli Studi di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	95
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	55 (40 di lezioni frontali e 15 di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Calcolo, Fisica, Principi di Ingegneria Nucleare, Impianti Nucleari Provati Innovativi ed a Fusione Dosimetria e Regime Giuridico delle Radiazioni Ionizzanti
<b>ANNO DI CORSO</b>	III
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>

#### **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti:

- Natura, composizione, canali di produzione e metodologie di classificazione dei rifiuti radioattivi
- Problematiche tecnologiche ed ambientali relative alla gestione di rifiuti radioattivi solidi, liquidi e aeriformi
- Principi fisici di base e caratteristiche tecniche delle principali metodologie di trattamento, condizionamento ed eliminazione dei rifiuti radioattivi
- Problematiche relative al trasporto di materiali radioattivi

- Elementi di normativa in materia di gestione dei rifiuti radioattivi
- Procedure e metodologie di disattivazione degli impianti nucleari: Immediate dismantling – Delayed dismantling – Mothballing
- Caratterizzazione di un sito nucleare – Tecniche di decontaminazione e smantellamento

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

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione applicate sui seguenti argomenti:

- Classificazione di un rifiuto radioattivo.
- Valutazione dell'inventario di rifiuti radioattivi prodotti in un impianto a fissione a U/Pu nel suo ciclo di vita utile
- Valutazione tecnica delle migliori opzioni di trattamento, condizionamento e stoccaggio di un rifiuto radioattivo
- Valutazione di massima delle tecniche di decontaminazione e smantellamento da impiegare in relazione a componenti di un impianto nucleare

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di autonomia di giudizio sui seguenti argomenti:

- Strategie di gestione dei rifiuti radioattivi in relazione al loro stato fisico ed alla loro radiotossicità
- Valutazione delle possibili opzioni tecniche e metodologiche all'interno di un piano di disattivazione di un impianto nucleare

### **Abilità comunicative**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di dimestichezza con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito dell'ingegneria degli impianti ad alta intensità energetica con specifico riferimento a quelli nucleari a fissione, riuscendo ad interagire con professionisti e/o ricercatori del settore

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente, al termine del corso, avrà sviluppato la capacità di apprendere le problematiche scientifico-tecnologiche che caratterizzano la gestione dei rifiuti radioattivi e la disattivazione degli impianti nucleari nonché gli aspetti giuridico-normativi di pertinenza

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

La prima parte del corso mira ad approfondire le tematiche connesse alla gestione dei rifiuti radioattivi con particolare riferimento a quelli derivanti dal ciclo del combustibile di un impianto elettronucleare a U/Pu. L'attenzione sarà focalizzata sulla definizione di rifiuto radioattivo e sulla descrizione della natura, della composizione e della consistenza quantitativa di tali rifiuti. Si illustreranno i vari canali di produzione dei rifiuti radioattivi, facendo particolare attenzione a quelli prodotti nel ciclo del combustibile di un impianto elettronucleare a U/Pu e si analizzeranno le principali metodologie di classificazione dei suddetti rifiuti adottate nel panorama internazionale. Si procederà successivamente alla introduzione dei principi di base cui si ispira la gestione dei rifiuti radioattivi ed all'analisi dei processi di trattamento, condizionamento ed eliminazione in cui essa si articola tipicamente. Infine si fornirà una panoramica delle principali problematiche connesse al trasporto di materiali non irraggiati e combustibili freschi, di

combustibile irraggiato e di rifiuti radioattivi.

La seconda parte del corso mira ad approfondire le tematiche connesse alla disattivazione di un impianto elettronucleare.

L'attenzione sarà focalizzata sulle strategie di disattivazione degli impianti nucleari con particolare riferimento a quelle di Immediate dismantling, Delayed dismantling e Mothballing.

Si illustreranno successivamente le procedure e le metodologie di caratterizzazione di un sito nucleare, da ritenersi propedeutiche alla elaborazione di un sicuro, equilibrato ed economico piano di disattivazione del sito.

Infine si analizzeranno le principali procedure e tecniche adottate per la decontaminazione dei componenti di un sito nucleare coerentemente con la loro collocazione, funzione e con il loro stato di contaminazione radiologica.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
2	Natura, composizione ed entità dei rifiuti radioattivi
5	Canali di produzione dei rifiuti radioattivi – I rifiuti radioattivi prodotti nel ciclo del combustibile di un impianto a U/Pu
4	Classificazione dei rifiuti radioattivi
2	La gestione dei rifiuti radioattivi: Trattamento – Condizionamento – Eliminazione
4	Il trattamento dei rifiuti radioattivi: Tecniche di trattamento dei rifiuti aeriformi, liquidi e solidi
4	Il condizionamento dei rifiuti radioattivi: Metodologie di condizionamento per cementificazione e vetrificazione – Metodi di condizionamento innovativi
4	L'eliminazione dei rifiuti radioattivi: principio di concentrazione e sconfinamento; principio di diluizione e dispersione - Eliminazione dei rifiuti aeriformi, liquidi e solidi - Tecniche di seppellimento, irraggiamento e trasmutazione dei rifiuti solidi
2	Problematiche di trasporto di materiali non irraggiati e combustibili freschi, di combustibile irraggiato e di rifiuti radioattivi
3	Strategie di disattivazione degli impianti nucleari: Immediate dismantling – Delayed dismantling – Mothballing
5	Procedure e metodologie di caratterizzazione di un sito nucleare
5	Procedure e tecniche di decontaminazione di componenti di un sito nucleare
	<b>ESERCITAZIONI</b>
2	Classificazione dei rifiuti radioattivi
2	Il trattamento dei rifiuti radioattivi: Tecniche di trattamento dei rifiuti aeriformi, liquidi e solidi
2	Il condizionamento dei rifiuti radioattivi: Metodologie di condizionamento per cementificazione e vetrificazione – Metodi di condizionamento innovativi
2	L'eliminazione dei rifiuti radioattivi: principio di concentrazione e sconfinamento; principio di diluizione e dispersione - Eliminazione dei rifiuti aeriformi, liquidi e solidi - Tecniche di seppellimento, irraggiamento e trasmutazione dei rifiuti solidi
2	Problematiche di trasporto di materiali non irraggiati e combustibili freschi, di combustibile irraggiato e di rifiuti radioattivi
1	Strategie di disattivazione degli impianti nucleari: Immediate dismantling – Delayed dismantling – Mothballing

2	Procedure e metodologie di caratterizzazione di un sito nucleare
2	Procedure e tecniche di decontaminazione di componenti di un sito nucleare
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. H. Sailing, A. W. Fentiman, Radioactive waste management, Taylor&amp;Francis, 2nd Edition, October 2001.</li> <li>• L. Bruzzi, G. Cicognani, G. Dominici, Il ciclo del combustibile dei reattori nucleari, Pitagora editrice (BO), 1992.</li> <li>• Dispense su alcuni degli argomenti del corso</li> </ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010-2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Ingegneria dei Reattori a Fusione</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	03965
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Pietro Alessandro Di Maio Ricercatore Università degli Studi di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	95
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	55 (40 di lezioni frontali e 15 di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Calcolo, Fisica, Metodi Matematici, Principi di Ingegneria Nucleare, Impianti Nucleari
<b>ANNO DI CORSO</b>	II
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reazioni di fusione nucleare</li> <li>• Plasmi, sezioni d'urto, tasso di reazione e parametro di reazione</li> <li>• Modelli fisico-matematici per la descrizione della dinamica di un plasma</li> <li>• Break-even ed ignizione di un plasma: criteri di Lawson</li> <li>• Metodo di confinamento inerziale di un plasma</li> <li>• Metodo di confinamento magnetico di un plasma; Macchine TOKAMAK e Stellarator</li> <li>• Dinamica del trizio in un reattore a fusione di potenza</li> <li>• Problematiche tecnologiche connesse allo sfruttamento su scala industriale della reazione di fusione nucleare e principali schemi di impianto allo studio</li> </ul>
--

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

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione applicate sui seguenti argomenti:

- Studio della dinamica di un plasma D – T tramite un modello a parametri concentrati
- Analisi delle prestazioni di un sistema di confinamento magnetico di tipo TOKAMAK
- Studio della dinamica del trizio in un reattore a fusione di potenza di tipo DEMO

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di autonomia di giudizio sui seguenti argomenti:

- Comprensione di rapporti tecnici pertinenti ad impianti a fusione di tipo TOKAMAK
- Progettazione di componenti ad alto flusso termico e mantelli triziogeni di reattori a fusione
- Valutazione di massima dell'inventario di Trizio in un impianto a fusione di data potenza

### **Abilità comunicative**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di dimestichezza con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito dell'ingegneria degli impianti ad alta intensità energetica con specifico riferimento a quelli nucleari a fusione, riuscendo ad interagire con professionisti e/o ricercatori del settore

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente, al termine del corso, avrà sviluppato la capacità di apprendere le problematiche scientifico-tecnologiche che caratterizzano lo sviluppo e la progettazione dei più rilevanti componenti di reattori nucleari a fusione

## **OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso mira a formare un corpus di conoscenze di fisica del plasma propedeutiche allo studio delle funzioni e del comportamento dei principali componenti di un reattore a fusione nucleare.

L'attenzione sarà focalizzata sulle principali reazioni di fusione nucleare ipotizzate per lo sviluppo di reattori su scala industriale e sulle relative caratteristiche energetiche. Si introdurrà il concetto di plasma quale quarto stato di aggregazione della materia e se ne definiranno le principali grandezze fisico-matematiche che ne consentono la caratterizzazione del comportamento quali la funzione di distribuzione delle specie particellari, la temperatura assoluta nonché il tasso ed il parametro di reazione. Si esamineranno i principali processi collisionali tra particelle cariche in plasma, introducendo il concetto di lunghezza di Debye e si appunterà l'attenzione sull'emissione di radiazioni di bremsstrahlung e di ciclotrone. Si procederà allo sviluppo dei modelli cinetici e dei modelli fluidi di un plasma, appuntando l'attenzione su un modello semplificato di plasma omogeneo ed uniforme, che verrà applicato al caso di un plasma D-T. Infine, si introdurranno i concetti di break-even ed ignizione e se ne deriveranno i pertinenti criteri di Lawson.

Nella seconda metà del corso si approfondiscono le problematiche relative al confinamento del plasma e sulle relative metodologie con particolare riferimento al confinamento inerziale ed a quello magnetico. Per quanto concerne il primo se ne studierà il bilancio energetico, definendo l'energia di compressione. Per quanto attiene al secondo si studierà il moto di una particella carica in un campo elettromagnetico in presenza di campi esterni, evidenziandone i moti di deriva e gli invarianti del moto. Si analizzeranno le caratteristiche e la stabilità dei sistemi di confinamento magnetico aperti e chiusi, con particolare attenzione ai reattori TOKAMAK. Successivamente si studieranno i principali componenti di un reattore TOKAMAK, quali i magneti, il blanket ed i componenti ad alto flusso, e si studieranno le interazioni plasma parete e la dinamica del trizio in un reattore di tal tipo.

<b>Ingegneria dei Reattori A Fusione</b>	
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Reazione di fusione nucleare
1	Cenni sulla dinamica di una reazione di fusione nucleare - Energia di soglia – Sezione d'urto
3	Il plasma – Funzioni di distribuzione delle particelle, temperatura assoluta, tasso di reazione e parametro di reazione – Principio di quasi-neutralità del plasma
2	Processi collisionali di particelle cariche – Sezione d'urto di scattering elastico - Lunghezza di Debye – Radiazioni di Bremsstrahlung e di ciclotrone
3	Modello cinetico di un plasma – Equazione del trasporto di Boltzmann – Equazione di Vlasov
4	Modelli fluidi di un plasma – Equazioni di continuità, della quantità di moto e dell'energia di una popolazione di particelle – Tempi di confinamento – Modello magnetoidrodinamico di un plasma
3	Modello dinamico di un plasma omogeneo ed uniforme. Applicazione al caso di plasmi D - T
2	Break-even ed ignizione: criteri di Lawson
1	Confinamento del plasma – Confinamento elettrostatico – Confinamento gravitazionale - Confinamento inerziale – Confinamento magnetico
2	Metodo di confinamento inerziale – Parametro $\rho$ -R – Bilancio energetico ed energia di compressione
4	Metodo di confinamento magnetico: Moto di una particella carica in un campo elettromagnetico – Moti di deriva dovuti a campi esterni, campi variabili in intensità ed in direzione – Invarianti del moto
3	Sistemi di confinamento magnetico aperti – pressione cinetica e magnetica – Specchi magnetici - Instabilità
4	Sistemi di confinamento magnetico chiusi – Campi toroidali e poloidali – Macchina TOKAMAK: confinamento delle particelle, equilibrio e stabilità – Macchina Stellarator
3	Principali componenti di un reattore di tipo TOKAMAK: magneti, blanket e componenti ad alto flusso – Interazioni plasma parete ed effetto delle impurità
3	Modelli per la dinamica del trizio - Tritium breeding
1	Reattori JET, ITER e DEMO
<b>ESERCITAZIONI</b>	
2	Il plasma – Funzioni di distribuzione delle particelle, temperatura assoluta, tasso di reazione e parametro di reazione – Principio di quasi-neutralità del plasma
1	Processi collisionali di particelle cariche – Sezione d'urto di scattering elastico - Lunghezza di Debye – Radiazione di Bremsstrahlung
1	Modelli fluidi di un plasma – Equazioni di continuità, della quantità di moto e dell'energia di una popolazione di particelle – Tempi di confinamento – Modello magnetoidrodinamico di un plasma
3	Modello dinamico di un plasma omogeneo ed uniforme. Applicazione al caso di plasmi D - T
1	Break-even ed ignizione: criteri di Lawson
1	Metodo di confinamento inerziale – Parametro $\rho$ -R – Bilancio energetico ed energia di compressione
1	Metodo di confinamento magnetico: Moto di una particella carica in un

	campo elettromagnetico – Moti di deriva dovuti a campi esterni, campi variabili in intensità ed in direzione – Invarianti del moto
1	Sistemi di confinamento magnetico aperti – pressione cinetica e magnetica – Specchi magnetici - Instabilità
1	Sistemi di confinamento magnetico chiusi – Campi toroidali e poloidali – Reattori TOKAMAK e Stellarator: confinamento, equilibrio e stabilità
1	Principali componenti di un reattore di tipo TOKAMAK: magneti, blanket e componenti ad alto flusso – Interazioni plasma parete ed effetto delle impurità
2	Modelli per la dinamica del trizio - Tritium breeding
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010-2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERA ENERGETICA E NUCLEARE
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Misure Termofluidodinamiche</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Caratterizzante
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	05272
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	1
<b>SETTORE SCIENTIFICO DISCIPLINARE</b>	ING-IND/10 - FISICA TECNICA INDUSTRIALE
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Antonio Covais Docente a contratto
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	100
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	48
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Fisica Tecnica, Termofluidodinamica
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Esercitazioni sperimentali in laboratorio precedute da Lezioni frontali..
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Obbligatoria
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Presentazione di una Tesina + Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi.
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>

## **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

- Lo scopo del corso è quello di fornire agli allievi una conoscenza teorica pratica della strumentazione e della tecnica nel campo delle misure e delle regolazioni termotecniche e fluidodinamiche.
- Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze di base sulle strumentazione e sulle tecniche e dispositivi di attuazione nel campo delle misure e delle regolazioni termotecniche e fluidodinamiche.
- Sarà in grado di individuare, comprendere ed analizzare le problematiche che si possono presentare nella sperimentazione, sia in laboratorio che in campo, e saprà dare loro soluzione

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

- Lo studente avrà acquisito conoscenze e metodologie da applicare per analizzare e risolvere casi tipici: a) delle misure di temperatura, velocità di fluidi, pressione, umidità, conduttanza termica, trasmittanza termica, calore specifico, titolo di vapore, necessarie nelle prove,

verifiche e collaudi di componenti ed impianti termici; b) delle misure e delle regolazioni termofluidodinamiche nell'ambito della sperimentazione a fini scientifici in laboratori in tali settori di ricerca.

- Avrà acquisito conoscenze approfondite e pratiche sui sistemi di acquisizione di dati e sulla elaborazione delle grandezze rilevate.
- Avrà acquisito conoscenze approfondite e pratiche sui principali sistemi e dispositivi per la regolazione nel campo della termofluidodinamica.
- La maggior parte delle sperimentazioni viene svolta nella forma di tesina curata direttamente dagli allievi.

#### **Autonomia di giudizio**

- Lo studente potrà trattare con competenza ed autonomia di giudizio problematiche connesse con la acquisizione di grandezze termofluidodinamiche.

#### **Abilità comunicative**

- Lo studente sarà in grado di relazionare con competenza e proprietà sia in veste di esecutore di sperimentazioni termofluidodinamiche che in veste di supervisore di gruppi di lavoro o responsabile di tale attività.

#### **Capacità d'apprendimento**

- Lo studente avrà acquisito un'ampia maturazione nell'affrontare in ragionevole autonomia problematiche nuove attinenti alla rilevazione e gestione di misurazioni e delle regolazioni termofluidodinamiche.

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

Lo scopo del corso è quello di fornire agli allievi una conoscenza teorica pratica della strumentazione e della tecnica nel campo delle misure e regolazioni termotecniche e fluidodinamiche.

Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze di base sulle strumentazioni e sviluppato, attraverso la pratica di laboratorio, le più comuni tecniche nel campo delle misure e delle regolazioni termotecniche e fluidodinamiche

Sarà in grado di individuare, comprendere ed analizzare le problematiche che si possono presentare nella sperimentazione, sia in laboratorio sia in campo, e possiederà gli strumenti per potere sapere individuare e dare soluzione anche a casi al di fuori dell'usuale.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
10	<b>Termometria</b> - Il sistema Internazionale di Misure in termotecnica - Scale di temperatura - Il sistema I.P.F.S. - Metodi di misura della temperatura - Termometria a gas - Termometri a dilatazione - Termometri a tensione di vapore - Termocoppie - Termoresistenze - Termistori - Pirometri a radiazione integrale - Pirometri a radiazione specifica - Pirometri ottici - Affidabilità e precisione nelle misure di temperature - Accorgimenti nelle misure di temperatura - Particolari costruttivi - Criteri di montaggio - Taratura dei misuratori di temperatura - Metodi di elaborazione dei segnali - Registratori termometrici - Registrazione di dati - Sistemi automatici di acquisizione e di elaborazione di dati - Metodi fotografici. Principi e sistemi nel campo della regolazione della temperatura.
5	<b>Anemometria</b> - Anemometri - Misure di velocità in fluidi a densità costante o variabile - Anemometria a filo caldo in correnti monoassiali e correnti

	<p>triassiali - Principi e sistemi nel campo della regolazione della velocità di correnti fluide.</p> <p><b>Metodi ottici in termofluidodinamica:</b> Shadowgraphia - Schlieren - Anemometria laser doppler.</p>
3	<p><b>Flussimetria</b> - Misuratori volumetrici - Diaframmi - Boccagli - Venturimetri - Rotametri - Taratura e normativa dei misuratori di portata - Registratori di portata. Principi e sistemi nel campo della regolazione della portta. di correnti fluide.</p>
3	<p><b>Calorimetria industriale</b> - Misura dei calori specifici - Misura del titolo di vapore - Misure di conduttività termica su materiali buon conduttori - Misure di conduttività termica sui materiali isolanti e da costruzione - Misure del potere calorifico</p>
3	<p><b>Manometria</b> - Manometri a liquido, metallici, elettrici, vacuometri - Taratura manometri e vacuometri - Criteri di installazione e impiego. Principi e sistemi nel campo della regolazione della pressione.</p>
3	<p><b>Igrometria</b> - Psicrometri - Igrometri - Criteri di installazione ed impiego - Registratori igrometrici - Misure di permeabilità al vapore acque nei materiali da costruzione. Principi e sistemi nel campo della regolazione della Umidità relativa ed associata</p>
3	<p><b>Apparecchi per il controllo della combustione</b>-Misure occorrenti negli impianti di combustione - Apparecchi per il rilievo e la registrazione dei prodotti da una combustione - Normativa per il controllo della combustione nella prevenzione dello inquinamento atmosferico. Principi e sistemi nel campo della regolazione degli impianti di generazione di calore per combustione.</p>
Tot 30	
	<b>ESERCITAZIONI</b>
6	<b>Termometria</b>
5	<b>Anemometria</b>
	<b>Metodi ottici in termofluidodinamica:</b>
2	<b>Flussimetria</b>
1	<b>Calorimetria industriale</b>
2	<b>Manometria</b>
2	<b>Igrometria</b>
Tot 18	
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<p><b>Testi di riferimento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispense del corso</li> <li>- V. Preobrazensky: "<i>Measurement &amp; Instrumentation in Heat Engineering</i>"</li> <li>- Doebelin : "<i>Measurement Sistems</i>"</li> </ul> <p><b>Testi per consultazioni</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Michelini, Cappello</b> : "<i>Misure e strumentazioni industriali</i>"</li> <li>- <b>Angeleri</b> : "<i>Misure e regolazioni termotecniche</i>"</li> </ul>

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare
<b>INSEGNAMENTO</b>	<b>Sistemi elettrici di produzione e trasmissione</b>
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria energetica e nucleare
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	08962
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/33 –Sistemi elettrici per l’energia
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Fabio Massaro Ricercatore Università degli Studi di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	74
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	76
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Nessuna Si consigliano i seguenti prerequisiti: Conoscenza di elettrotecnica e macchine elettriche. Conoscenze di base di economia. Conoscenza della lingua inglese
<b>ANNO DI CORSO</b>	I
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>

## **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

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

Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e strumenti metodologici per comprendere e affrontare le principali problematiche di progetto e di esercizio dei sistemi elettrici di trasmissione dell’energia elettrica e di impianti tradizionali per la produzione di energia elettrica. Più in particolare, lo studente avrà piena comprensione degli aspetti fisici, tecnici ed economici relativi al funzionamento di sistemi in alta tensione, conoscerà le logiche e i criteri di progetto di una linea elettrica di trasmissione e avrà acquisito gli strumenti per la soluzione dei principali problemi di gestione dei sistemi di potenza. Avrà inoltre acquisito le informazioni principali sull’attuale assetto del mercato dell’energia elettrica e sarà in grado di analizzare, dal punto di vista tecnico ed economico, soluzioni diverse per la copertura di un assegnato diagramma di carico, tenendo anche in conto l’impatto ambientale delle varie tipologie di impianto.

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

Lo studente, al termine del corso, sarà in grado di individuare i modelli più idonei per lo studio dei diversi problemi correlati al funzionamento dei sistemi elettrici di trasmissione e di produzione dell'energia elettrica, saprà pervenire alla formulazione analitica dei problemi suddetti e sarà in grado di applicare le tecniche risolutive specialistiche più consolidate.

Lo studente avrà acquisito conoscenze e metodologie per analizzare e risolvere problemi con elevato grado di interdisciplinarietà.

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente avrà acquisito uno spiccato senso critico nel valutare il grado di adeguatezza dei modelli di studio alle specificità dei diversi problemi. Saprà esaminare in autonomia le relazioni causa-effetto per la maggior parte degli stati di funzionamento possibili per il sistema elettrico, sia in condizioni ordinarie sia in particolari condizioni critiche.

### **Abilità comunicative**

Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio le problematiche complesse proprie dei sistemi elettrici di potenza (trasmissione e produzione), anche in contesti altamente specializzati.

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente avrà acquisito le competenze necessarie per proseguire gli studi ingegneristici di II livello o per affrontare con autonomia l'attività professionale. Inoltre sarà in grado di rimanere agganciato alla evoluzione tecnologica e normativa della componentistica e dell'impiantistica di settore.

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

Obiettivo del corso è approfondire alcune tematiche inerenti la produzione e la trasmissione dell'energia elettrica con particolare riferimento ai criteri che stanno alla base della progettazione e dell'esercizio dei sistemi.

Lo studente sarà in grado di affrontare, con sufficiente autonomia, le problematiche più comuni dell'impiantistica per la trasmissione, trasporto e produzione dell'energia elettrica, indagare e trovare le soluzioni più idonee per ciascuna applicazione.

	<b>Sistemi elettrici di produzione e trasmissione</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
3	Introduzione al Corso
2	Cenni sul mercato dell'energia elettrica
2	Criteri di dimensionamento dei conduttori delle linee di trasmissione
1	Le linee di trasmissione d'energia elettrica – Propagazione della tensione e della corrente in regime sinusoidale permanente. Modelli.
1	Metodo dei valori relativi
1	Analisi delle reti elettriche di potenza in regime permanente – Formulazioni e tecniche di soluzione del Load Flow
1	Dispatching delle potenze attive
3	Regolazione della frequenza e regolazione frequenza-potenza
3	Regolazione della tensione

2	Correnti di corto circuito nei sistemi di potenza
3	Stabilità dei sistemi elettrici di potenza - Stabilità statica. Cenni sulla stabilità dinamica. Stabilità transitoria
3	Sovratensioni e loro propagazione
1	Protezione dei sistemi elettrici di potenza - Sistemi di protezione contro le sovracorrenti di esercizio anormali. Dispositivi di protezione contro le sovratensioni
3	Pianificazione ed esercizio di un sistema elettrico di potenza
2	Previsione del fabbisogno di energia e potenza
1	Centrali idroelettriche ad acqua fluente
1	Centrali idroelettriche a serbatoio
1	Elementi costitutivi delle centrali idroelettriche
1	Turbine idrauliche
2	Stazioni di pompaggio
2	Centrali termoelettriche tradizionali – ciclo termodinamico
2	Ciclo dei fumi
2	Ciclo dell'acqua-vapore
2	Turbine a vapore
2	Ciclo dell'acqua di condensazione
2	Centrali con turbine a gas
2	Centrali a ciclo combinato
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2010/2011
<b>CORSO DI LAUREA MAGISTRALE</b>	Ingegneria Energetica e Nucleare.
<b>INSEGNAMENTO</b>	Termotecnica
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	A scelta
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	Ingegneria Industriale
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	07545
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	NO
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	Ing-Ind/10
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Vincenzo La Rocca Professore Associato Università di Palermo
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	135
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	90
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Fisica Tecnica e Termofluidodinamica applicata
<b>ANNO DI CORSO</b>	Secondo
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali Esercitazioni in aula,
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Primo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Lunedì e Martedì e Venerdì dalle 12,00 alle 14,00

<p><b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b></p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente al termine del Corso avrà conoscenze approfondite di Termotecnica applicata ai processi energetici e di metodologie di calcolo di progetto per la caratterizzazione del funzionamento di apparecchi di scambio termico, di caldaie e di forni industriali.</p> <p><b>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</b> Lo studente sarà in grado di applicare concretamente alle problematiche reali, sia di verifica che di progetto, le nozioni apprese durante il Corso.</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b> Lo studente sarà in grado di riconoscere e classificare i fenomeni fisici oggetto del Corso per una corretta gestione degli stessi nella prassi lavorativa.</p> <p><b>Abilità comunicative</b> Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere i concetti inerenti la disciplina. Sarà in grado di sostenere conversazioni e redigere documenti basilari inerenti le tematiche affrontate durante il Corso.</p> <p><b>Capacità d'apprendimento</b></p>
---

Lo studente al termine del Corso sarà in grado di progettare scambiatori di calore, caldaie, forni e di studiarne le caratteristiche di funzionamento con appropriati modelli di simulazione, di progettare la componentistica di sistemi energetici complessi e di affrontare lo studio di componenti afferenti a processi complessi per l'innovazione tecnologica di sistemi ed impianti energetici.

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO**

Obiettivo del modulo è quello di approfondire lo studio della Termotecnica applicata ai processi energetici e di metodologie di calcolo di progetto per la caratterizzazione del funzionamento di apparecchi di scambio termico, di caldaie e di forni industriali.

Scopo del corso, oltre allo studio della teoria, è l'acquisizione di una certa familiarità con le varie tecniche di calcolo. A ciò tendono le esercitazioni, alle quali si raccomanda di aggiungere lo svolgimento di esercizi anche con l'aiuto dei testi consigliati.

<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
25	Scambiatori di calore
20	Caldaie
15	Forni industriali
	<b>ESERCITAZIONI</b>
30	Vari esercizi sugli argomenti svolti durante le lezioni frontali
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	Dispense, appunti e copie di articoli e manuali distribuiti durante il corso D. Annaratone, Generatori di vapore, CLUP, 1998 S.S. Kutateladze, A concise encyclopedia of heat transfer, 1971 W. Trinks, M.H. Mawhinney; Industrial furnaces, J.Wiley, 1953 A. Bejan, G. Tsatsaronis, Michael Moran – Thermal design and optimization – J.Wiley, 1996