

**FACOLTA' DI INGEGNERIA – A.A. 2011/12 – 2012/13
CLASSE LM-30 – INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE**

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE

ELENCO SCHEDE DI TRASPARENZA DEGLI INSEGNAMENTI.

SCHEDE DI TRASPARENZA DEGLI INSEGNAMENTI DI PRIMO ANNO:

ENERGETICA DEI PROCESSI
INGEGNERIA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI A FISSIONE ED A FUSIONE C.I.
LABORATORIO DI MISURE NUCLEARI
MACCHINE E SISTEMI ENERGETICI
METODI MATEMATICI E CALCOLO NUMERICO
MISURE TERMOFLUIDODINAMICHE

SCHEDE DI TRASPARENZA DEGLI INSEGNAMENTI DI SECONDO ANNO:

DINAMICA E SICUREZZA DEGLI IMPIANTI ENERGETICI
PROGETTAZIONE DI IMPIANTI ENERGETICI E TECNICA DEL FREDDO C.I.
SISTEMI SOLARI TERM. E FOTOV. E TECN. DELL'IDROG. E PILE A COMB. C.I.
TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PRODOTTI PETROLIFERI
TEORIA DEL REATTORE NUCLEARE E DOSIMETRIA ED EFFETTI DELLE RADIAZIONI
SUI MATER.
TERMOFLUIDODINAMICA NUMERICA

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2011/2012
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Energetica dei processi
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria energetica e nucleare
CODICE INSEGNAMENTO	12684
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/10
DOCENTE RESPONSABILE	Celidonio Dispenza, Professore Ordinario in quiescenza a contratto pluriennale SSD: ING-IND/10 (09/C2) Università di Palermo
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	125
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	60 lez+40 es.=100
PROPEDEUTICITÀ	Nessuna, provenendo gli allievi dalla laurea di I liv., ma occorre all'allievo che disponga delle conoscenze dei fondamenti di Energetica (vedere i contenuti del programma del Corso di energetica), di macchine e di impianti elettrici
ANNO DI CORSO	Primo
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio, Visite in campo, Studi di fattibilità e simulazione di impianti
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale, Presentazione di elaborati relativi alle esercitazioni svolte
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Primo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Martedì e Giovedì dalle 10 alle 13, ed eventualmente anche per appuntamento

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

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.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

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 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 è obbligatorio per gli allievi del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare. Oltre alle lezioni si svolgono delle esercitazioni di tipo numerico applicativo che nella sostanza riguardano lo studio di progetto di impianti energetici complessi e la loro simulazione con appropriati mezzi di analisi e simulazione numerica.

L'approccio didattico conta molto sulla collaborazione degli Allievi per condurre un buon lavoro di gruppo.

Gli argomenti trattati vertono principalmente su:

- argomenti che affrontano, in chiave applicativa, approfondimenti metodologici moderni di Termodinamica e Termofluidodinamica applicate,
- argomenti su tecnologie energetiche rivolte alla individuazione delle possibilità di innovazione tecnologica,
- argomenti rivolti alle pianificazioni energetiche territoriali ed alle pianificazioni delle necessarie infrastrutture.

Il Corso è rivolto all'Energetica industriale, è a carattere applicativo e richiede una buona maturità dell'allievo per i molteplici richiami alle materie studiate nel Corso di laurea triennale. Vengono messe a disposizione degli allievi varie pubblicazioni afferenti a ricerche svolte al Dipartimento dell'Energia, insieme a vario software specialistico prodotto durante il lavoro di ricerca; altresì è utilizzato il lavoro svolto in anni precedenti da Studenti del vecchio ordinamento che hanno svolto le loro tesi nell'ambito di attività di stage presso Aziende del settore della produzione dell'energia elettrica da fonti fossili, della raffinazione del greggio e presso altre Aziende di rilievo del mondo industriale.

Energetica	
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
5	Analisi energetica approfondita basata su metodi che vertono sulla individuazione di sistemi ottimizzati in cui l'obiettivo è la minima produzione entropica
3	Esempi applicativi
6	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)
2	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
5	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)
6	Energetica dei processi: Impianti di produzione di potenza e di cogenerazione e trigenerazione
3	Energetica dei processi: Applicazioni ed impianti nell'ambito della criogenia industriale
2	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)
3	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
ESERCITAZIONI	
2	Analisi energetica approfondita basata su metodi che vertono sulla individuazione di sistemi ottimizzati in cui l'obiettivo è la minima produzione entropica
2	Esempi applicativi
4	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)
4	Esempi applicativi
3	Esempi applicativi
4	Analisi termo-economica
5	Esempi applicativi
3	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)
4	Esempi applicativi
4	Energetica dei processi: Impianti di produzione di potenza e di cogenerazione e trigenerazione
3	Energetica dei processi: Applicazioni ed impianti nell'ambito della criogenia industriale
2	Concetti e strumenti metodologici principali per l'analisi della consistenza termodinamica dei sistemi energetici territoriali
TESTI CONSIGLIATI	<ol style="list-style-type: none"> 1. Appunti del Docente e copie di articoli e manuali distribuiti durante il corso. 2. .D.Baher, Thermodynamik, Springer-Verlag, Berlin, 1996. 3. A. Sorensen, Energy Conversion Systems, J.Wiley New York, 1983. 4. A.P.Fraas, Engineering Evaluation of Energy Systems, Mc Graw Hill, New York, 1982. 5. R.W.Haywood, Analysis of Engineering cycles - Power, Refrigeratine and Gas Liquefaction plant, Pergamon press, ISBN 0-08-040738-2, 1991. 6. A.Bejan, G.Tsatsaronis, M.Moran, Thermal design and optimization – J.Wiley, 1996. 7. A.Bejan, Entropy generation minimization, CRC Press, 1996. 8. V.V.Sycev - Sistemi termodinamici complessi, Editori riuniti/MIR, 1985. 9. L.Borel, Thermodynamique et energetique, Vol. 1, Press. Pol. et Un. Romandes,ISBN 2-88074-214-5, 1984. 10. L.Borel, D.Lan Nguyen, M.Batato, J.Montero, Thermo-dynamique et energetique, Vol. 2, Press. Pol. et Un. Romandes,ISBN 2-88074-215-3, 1987. 11. M. Silvestri - Il futuro dell'Energia, Bollati Boringhieri, Ottobre 1988. 12. I.Prigogine, D.Kondepudi, Termodinamica: dalle macchine termiche alle strutture dissipative, bollati Boringhieri, ISBN 88-339-5692-X, 2002. 13. 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. 14. C.Dispenza, G. Dispenza, V. La Rocca, G. Panno, Rigassificazione del GNL. Recupero del freddo e produzione di energia elettrica; La Termotecnica Settembre 2007, pag. 58-62. 15. C.Dispenza, G. Dispenza, V. La Rocca, G. Panno, Recupero e utilizzazione del freddo nella rigassificazione del GNL; La Termotecnica Luglio/Agosto 2008, pag. 73-77. 16. C. Dispenza, V.La Rocca, G. Panno, G. Dispenza, CHP plants for production of electrical energy during regasification of LNG recovering

	<p>exergy of cold, in: Proceedings of ASME/ATI 2006 Conference Energy: Production, Distribution and Conservation, vol. II, Milan, May 14-17, 2006, pp. 593–603.</p> <ol style="list-style-type: none"> 17. C.Dispenza, G. Dispenza, V. La Rocca, G. Panno. Exergy Recovery during LNG Regasification: Electric Energy Production, Part One; Applied Thermal Engineering, vol. 29 (2009); p. 380-387. 18. C.Dispenza, G. Dispenza, V. La Rocca, G. Panno. Exergy Recovery during LNG Regasification: Electric Energy Production, Part Two; Applied Thermal Engineering, vol. 29 (2009); p. 388-399. 19. C.Dispenza, G. Dispenza, V. La Rocca, G. Panno. Exergy recovery in regasification facilities, Cold utilization: A modular unit; Applied Thermal Engineering, vol. 29 (2009); p. 3595–3608. 20. V. La Rocca. Cold recovery during regasification of LNG part one: Cold utilization far from the regasification facility; Energy vol. 35 (2010); p. 3595–3608. 21. V. La Rocca. Cold recovery during regasification of LNG part two: Applications in an Agro Food Industry and a Hypermarket; Energy vol. 36 (2011); p. 4897–4908. 22. L. Leto, C. Dispenza, A. Calabrò, A. Moreno, , Simulation Model of a Molten Carbonate Fuel Cells Stack and a Micro-turbine CHP System, Applied Thermal Engineering, , vol. 31 (2011); p. 1263–1271.
--	---

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2011-2012
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Ingegneria degli Impianti Nucleari a Fissione ed a Fusione (CI)
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	LM-30
CODICE INSEGNAMENTO	13531
ARTICOLAZIONE IN MODULI	SI
NUMERO MODULI	3
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/19
DOCENTE RESPONSABILE (MODULO 1)	Giuseppe Vella Professore Ordinario Università di Palermo
DOCENTE COINVOLTO (MODULO 2)	PIETRO ALESSANDRO DI MAIO Ricercatore
CFU	12
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	190
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	110 (80 di lezioni frontali e 30 di esercitazioni)
PROPEDEUTICITÀ	Calcolo, Fisica, Metodi Matematici, Principi di Ingegneria Nucleare, Impianti Nucleari
ANNO DI CORSO	I - II
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Primo e secondo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	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

MODULO I	INGEGNERIA DEGLI IMPIANTI NUCLEARI
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
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
	ESERCITAZIONI
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
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none"> • M. Cumo, Impianti Nucleari, UTET • C. Lombardi, Impianti Nucleari, CUSL • J. R. Lamarsh, Introduction to Nuclear Engineering, Addison&Wesley • Dispense su alcuni degli argomenti del corso

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.

MODULO II	INGEGNERIA DEI REATTORI A FUSIONE - I
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
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
	ESERCITAZIONI
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
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none"> • T. Dolan, Fusion Research - Vol. I-III, Pergamon Press, 1982 • Harms et alii, Principles of Fusion Energy, World Scientific, 2000 • F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press, 1984

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.

MODULO III	INGEGNERIA DEI REATTORI A FUSIONE - II
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
1	Confinamento del plasma – Confinamento elettrostatico – Confinamento gravitazionale - Confinamento inerziale – Confinamento magnetico
2	Metodo di confinamento inerziale – Parametro ρ -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
	ESERCITAZIONI
1	Metodo di confinamento inerziale – Parametro ρ -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
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none"> • T. Dolan, Fusion Research – Vol. I-III, Pergamon Press, 1982 • Harms et alii, Principles of Fusion Energy, World Scientific, 2000 • F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Press, 1984

FACOLTÀ	Ingegneria								
ANNO ACCADEMICO	2011/2012								
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare								
INSEGNAMENTO	Laboratorio di Misure Nucleari								
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante								
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria Energetica e Nucleare								
CODICE INSEGNAMENTO	14199								
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO								
NUMERO MODULI									
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/20								
DOCENTE RESPONSABILE	SALVATORE RIZZO PROF. ORD. Università Degli Studi Di Palermo								
CFU	6								
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	90								
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	60								
PROPEDEUTICITÀ	-								
ANNO DI CORSO	I								
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it								
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	<table> <tr> <td>Attività didattica</td> <td>Ore</td> </tr> <tr> <td>Lezioni frontali</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Esercitazioni</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Laboratorio</td> <td>10</td> </tr> </table>	Attività didattica	Ore	Lezioni frontali	60	Esercitazioni	30	Laboratorio	10
Attività didattica	Ore								
Lezioni frontali	60								
Esercitazioni	30								
Laboratorio	10								
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria								
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale								
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi								
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it								
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it								
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	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

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

Obbiettivi 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.

LEZIONI FRONTALI	
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	ESERCITAZIONI pratiche Realizzazione dei programmi e verifica sperimentale dei risultati
15	ESERCITAZIONI PRATICHE Stesura e prova del programma. Valutazione dei risultati.
10	LABORATORIO: Realizzazione del circuito di funzionamento della catena di rivelazione e prova delle prestazioni.
TESTI CONSIGLIATI	MCNP/MCNPX: manuale d'uso. Appunti del docente

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2011-2012
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Macchine e sistemi energetici
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria Energetica e Nucleare
CODICE INSEGNAMENTO	13526
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/08
DOCENTE RESPONSABILE	Stefano Beccari Docente a contratto Università di Palermo
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	135
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	90
PROPEDEUTICITÀ	Nessuna
ANNO DI CORSO	1°
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale, Prova Scritta
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Secondo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Venerdì dalle ore 15 alle ore 19

<p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente, al termine del corso, conoscerà le problematiche inerenti il funzionamento delle macchine a fluido motrici all'interno dei relativi impianti.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente sarà in grado di abbinare le diverse tipologie di macchina a fluido a concreti casi ingegneristici.</p> <p>Autonomia di giudizio 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>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 energetiche ed impiantistiche sia per quanto riguarda le macchine termiche che quelle idrauliche.</p>
--

Capacità d'apprendimento

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.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
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, Estoreattori ed Endoreattori. Spinta, Potenza e rendimento.
	ESERCITAZIONI
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.
TESTI CONSIGLIATI	G. Cornetti Macchine Idrauliche, edizioni Il Capitello, Torino, 1989. G. Cornetti Macchine Termiche, edizioni Il Capitello, Torino, 1989.

FACOLTÀ	INGEGNERIA
ANNO ACCADEMICO	2011/2012
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Metodi Matematici e Calcolo Numerico
TIPO DI ATTIVITÀ	Affine
AMBITO DISCIPLINARE	Matematica, Informatica, Statistica
CODICE INSEGNAMENTO	15142
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	MAT/08 (Analisi Numerica)
DOCENTI	Nome e Cognome: Elisa Francomano Qualifica: P.A. Università di appartenenza: Università degli Studi di Palermo
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	90
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	60
PROPEDEUTICITÀ	Calcolo I, Calcolo II
ANNO DI CORSO	I
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale, Prova Scritta
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Ogni giorno previo appuntamento

<p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione: Lo studente al termine del corso avrà compreso il ruolo della matematica computazionale nell'analisi dei fenomeni del mondo reale e nella risoluzione dei problemi delle discipline scientifiche e tecniche. Avrà maturato conoscenza delle metodologie matematiche e numeriche alla base delle scienze applicate. Saprà distinguere nel processo di risoluzione di un problema del mondo reale la fase della modellizzazione matematica del problema, la fase della discretizzazione del modello continuo, la fase relativa all'individuazione di un metodo risolutivo e all'analisi dell'efficienza del metodo e infine sarà in grado di realizzare schemi logici dei metodi trattati per la loro esecuzione automatica.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione: Lo studente sarà in grado di utilizzare gli opportuni strumenti della matematica computazionale relativamente all'analisi degli errori del calcolo scientifico, alla risoluzione di sistemi di equazioni, alla approssimazione di funzioni, alla risoluzione discreta di integrali definiti e di equazioni differenziali. Saprà valutare la buona posizione e il condizionamento di un problema, la stabilità di un algoritmo e la sua complessità</p>

computazionale. Sarà capace di procedere nella ricerca e formulazione di algoritmi efficienti.

Autonomia di giudizio: Lo studente sarà capace di individuare tra le metodologie proposte quella più adeguata ai dati relativi al problema da risolvere. Sarà capace di interpretare i dati del problema in studio, i risultati della computazione e l'efficacia del solutore matematico applicato.

Abilità comunicative: Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di argomentare a sostegno degli algoritmi ideati e valutare criticamente la risposta ottenuta dall'utilizzo del software impiegato.

Capacità d'apprendimento: Lo studente avrà acquisito le competenze basilari della matematica computazionale necessarie a proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia e discernimento.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si articola nella trattazione dei temi fondamentali della modellizzazione matematica numerica di problemi ingegneristici. Gli argomenti vengono affrontati sia dal punto di vista teorico che algoritmico con analisi critica dei risultati ottenuti. Il corso introduce all'approssimazione di funzioni mediante processi interpolatori e con metodi di minimizzazione; si studiano processi per la risoluzione di sistemi di equazioni lineari e non lineari, formule di quadratura numerica e i processi risolutivi per le equazioni differenziali ai valori iniziali. Si daranno concetti basilari di programmazione in linguaggio evoluto.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
5	Errore assoluto ed errore relativo. Propagazione dell'errore inerente. Errore assoluto e relativo riguardante le operazioni aritmetiche. Condizionamento di un problema e stabilità di un algoritmo. Valutazione del costo computazionale.
5	Formule di interpolazione polinomiale. Differenze finite e differenze divise.
7	Approssimazione mediante processo dei minimi quadrati. Approssimazione trigonometrica. Polinomi Ortogonali. Minimi quadrati, caso continuo e caso discreto.
8	Integrazione numerica di funzioni: formule di quadratura interpolatorie Formule di Newton Cotes. Formule composite. Estrapolazione di Richardson. Integrazione di Romberg.
10	Metodi per la risoluzione di sistemi lineari- Metodi diretti e metodi iterativi- Metodi numerici per l'approssimazione di autovalori.
5	Risoluzione numerica di equazioni differenziali ordinarie: il problema di Cauchy. Metodi numerici ad un passo. Formule di Runge Kutta. Consistenza, stabilità e convergenza dei metodi one step.
5	Risoluzione di equazioni non lineari: metodo di bisezione, metodi delle corde, secanti, tangenti,regola falsi. Il metodo di iterazioni di punto fisso. Il metodo di Newton. Criteri di arresto. Risoluzione di sistemi non lineari: metodo di Newton e metodi di punto fisso.
	ESERCITAZIONI
15	Esercizi ed applicazioni sui processi numerici studiati.
TESTI CONSIGLIATI	A. Quarteroni – Matematica numerica - Springer G. Monegato – Fondamenti di Calcolo Numerico – CLUT Torino R. Bevilacqua, D.Bini, M. Capovani, O. Menchi – Metodi Numerici – Zanichelli.

FACOLTÀ	INGEGNERIA
ANNO ACCADEMICO	2011-2012
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Misure Termofluidodinamiche
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	Discipline della termofluidodinamica applicata
CODICE INSEGNAMENTO	
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/10 - FISICA TECNICA INDUSTRIALE
DOCENTE RESPONSABILE	Dott. Ing. Antonio Covais Docente a contratto Università di Palermo
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	102
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	48
PROPEDEUTICITÀ	Fisica Tecnica, Termofluidodinamica
ANNO DI CORSO	I
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Attività sperimentale in laboratorio precedute da Lezioni frontali..
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria
METODI DI VALUTAZIONE	Presentazione di una Tesina + Prova Orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Giorni e orari di ricevimento: martedì, ore 10-12

<p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.

10

Termometria - 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	Anemometria - Anemometri - Misure di velocità in fluidi a densità costante o variabile - Anemometria a filo caldo in correnti monoassiali e correnti triassiali - Principi e sistemi nel campo della regolazione della velocità di correnti fluide. Metodi ottici in termofluidodinamica: Shadowgraphia - Schlieren - Anemometria laser Doppler.
3	Flussimetria - 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.
3	Calorimetria industriale - 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
3	Manometria - Manometri a liquido, metallici, elettrici, vacuometri - Taratura manometri e vacuometri - Criteri di installazione e impiego. Principi e sistemi nel campo della regolazione della pressione.
3	Igrometria - 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
3	Apparecchi per il controllo della combustione -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.
Tot 30	
	ESERCITAZIONI
6	Termometria
5	Anemometria Metodi ottici in termofluidodinamica
2	Flussimetria
1	Calorimetria industriale
2	Manometria
2	Igrometria
Tot 18	
TESTI CONSIGLIATI	Testi di riferimento: - Dispense del corso - V. Preobrazensky: " <i>Measurement & Instrumentation in Heat Engineering</i> " - Doebelin : " <i>Measurement Systems</i> " Testi per consultazioni - Michelini, Cappello : " <i>Misure e strumentazioni industriali</i> " - Angeleri : " <i>Misure e regolazioni termotecniche</i> "

FACOLTÀ	Ingegneria						
ANNO ACCADEMICO	2012/2013						
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare						
INSEGNAMENTO	Dinamica e sicurezza degli impianti nucleari						
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante						
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria Energetica e Nucleare						
CODICE INSEGNAMENTO	13518						
ARTICOLAZIONE IN MODULI	No						
NUMERO MODULI							
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/19						
DOCENTE RESPONSABILE	Francesco Castiglia Professore Ordinario Università Degli Studi Di Palermo						
CFU	9						
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	145						
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	80						
PROPEDEUTICITÀ	-						
ANNO DI CORSO	II						
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it						
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	<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						
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria						
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale						
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi						
PERIODO DELLE LEZIONI	Secondo semestre						
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it						
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	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.

LEZIONI FRONTALI	
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	ESERCITAZIONI
TESTI CONSIGLIATI	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

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2012/2013
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	C.I. Progettazione di impianti energetici e Tecnica del Freddo <i>Modulo: Progettazione di impianti energetici</i>
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria energetica e nucleare
CODICE INSEGNAMENTO	15146
ARTICOLAZIONE IN MODULI	Sì
NUMERO MODULI	2
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/10 (09/C2)
DOCENTE RESPONSABILE	Massimo Morale, Professore Associato SSD: ING-IND/10 (09/C2) Università di Palermo
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	110
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	60
PROPEDEUTICITÀ	-
ANNO DI CORSO	Secondo
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Esercitazioni in laboratorio, Visite in campo, Studi di fattibilità e simulazione di impianti
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale, Presentazione di elaborati relativi a casi studio.
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Primo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Martedì dalle 8 alle 10, ev. anche per appuntamento

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

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.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

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.

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 *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.

	Progettazione di impianti energetici
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
30	Cenni sulla realizzazione degli impianti, cronoprogrammi. 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. Metodi per lo studio di fattibilità, la progettazione e la realizzazione di impianti energetici sia convenzionali che innovativi. Studi 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; per la combustione del carbone con combustori a letto fluidizzato; IGCC per la combustione del carbone e dei residui di raffineria; per la produzione decentrata di energia elettrica e la cogenerazione con celle a combustibile MCFC e SOFC; MHD; avanzati per la produzione e l'utilizzazione del freddo; per la liquefazione e la rigassificazione del GNL. Studio budgettario e raffronto tecnico economico di progetti, per la scelta manageriale
	ESERCITAZIONI/LABORATORIO
30	Studi 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; per la combustione del carbone con combustori a letto fluidizzato; IGCC per la combustione del

	<p>carbone e dei residui di raffineria; per la produzione decentrata di energia elettrica e la cogenerazione con celle a combustibile MCFC e SOFC; MHD; avanzati per la produzione e l'utilizzazione del freddo; per la liquefazione e la rigassificazione del GNL. Studio budgettario e raffronto tecnico economico di progetti, per la scelta manageriale.</p>
<p>TESTI CONSIGLIATI</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Appunti del Docente e copie di articoli e manuali distribuiti durante il corso. 2. AA. VV. : <i>Manuale di manutenzione industriale</i>, Tecniche Nuove, 2005. 3. AA. VV., <i>Manuale degli impianti termici e idrici</i>, Tecniche Nuove, 2005 4. Baher H.D.: <i>Thermodynamik</i>, Springer-Verlag, Berlin, 1996. 5. Bearzi V. ; Licheri P.: <i>Manuale degli impianti a gas</i>, Tecniche Nuove, 2007. 6. Bejan A., Tsatsaronis G., Moran M.: <i>Thermal design and optimization</i>, J. Wiley, 1996. 7. Bejan A.: <i>Entropy generation minimization</i>, CRC Press, 1996. 8. Borel L., Lan Nguyen D., Batato M., Montero J.: <i>Thermodynamique et energetique, Vol. 2</i>, Press. Pol. et Un. Romandes, 1987. 9. Borel L.: <i>Thermodynamique et energetique, Vol. 1</i>, Press. Pol. et Un. Romandes, 1984. 10. Di Pippo R.: <i>Geothermal Power Plants : Principles, Applications, Case Studies And Environmental Impact</i>, Elsevier Butterworth-Hein, 2008. 11. EG&G Technical Services : <i>Fuel Cell Handbook (Seventh Ed.)</i>, DOE, November 2004 12. El-Wakil M.: <i>Powerplant Technology</i>, McGraw-Hill, 1985. 13. Fraas A.P.: <i>Engineering Evaluation of Energy Systems</i>, Mc Graw Hill, 1982. 14. Haywood R.W.: <i>Analysis of Engineering cycles - Power, Refrigerating and Gas Liquefaction plant</i>, Pergamon Press, 1991. 15. Li K.W., Priddy A.P.: <i>Power Plant System Design</i>, J. Wiley, 1985. 16. 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. 17. Olivari V.: <i>Manuale degli impianti per l'industria</i>, Tecniche Nuove, 1999. 18. Petrecca G.: <i>Industrial Energy Management: principles and applications - Kluwer Ac. Pub.</i>, 1993. 19. Prabir B. : <i>Combustion and Gasification in Fluidized Beds</i>, Taylor & Francis Ltd., 2006 20. Prigogine I., Kondepudi D.: <i>Termodinamica: dalle macchine termiche alle strutture dissipative</i>, Bollati Boringhieri, 2002. 21. Silvestri M.: <i>Il futuro dell'Energia</i>, Bollati Boringhieri, Ottobre 1988. 22. Sorensen A.: <i>Energy Conversion Systems</i>, J. Wiley, 1983. 23. Sycev V.V.: <i>Sistemi termodinamici complessi</i>, Editori riuniti/MIR, 1985. 24. Thuesen G.J., Fabrycky W.J.: <i>Economia per ingegneri</i>, Il Mulino, 1994.

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2012/2013
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Sistemi Solari Termici e Fotovoltaici e Tecnologie dell'idrogeno e Pile a Combustibile (C.I.)
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante + Affine
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria Energetica e Nucleare
CODICE INSEGNAMENTO	15164
ARTICOLAZIONE IN MODULI	si
NUMERO MODULI	2
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/10 + ING-IND/23
DOCENTE RESPONSABILE (Modulo Tecnologie dell'idrogeno e Pile a Combustibile)	Piazza Salvatore P.O. Università di Palermo
DOCENTE COINVOLTO (Modulo Sistemi Solari Termici e Fotovoltaici)	Valerio Lo Brano Prof. Associato Università degli Studi di Palermo
CFU	6+6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	191
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	49+60
PROPEDEUTICITÀ	Conoscenze base di analisi matematica, fisica generale
ANNO DI CORSO	II
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale, Prova in Itinere
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Prof. Piazza martedì e giovedì 16 - 18 Prof. Lo Brano Giovedì dalle 15:00 alle 17:00

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Il corso di propone di fornire le nozioni di base ed una metodologia per l'analisi delle principali tecnologie di impiego dei sistemi solari termici e fotovoltaici. Al termine del corso lo studente sarà in grado di descrivere le diverse tecnologie, dimensionare un impianto ed effettuare una analisi di pre-fattibilità economica della soluzione proposta.

Obiettivi formativi e risultati attesi (secondo i descrittori di Dublino)

1. **Conoscenza e capacità di comprensione.** Lo studente sarà in grado di conoscere e

comprendere le modalità di conversione energetica della radiazione solare attraverso le tecnologie presentate nel corso, saprà stimare la disponibilità energetica di un sito e scegliere la tecnologia più idonea al suo sfruttamento. Fra le possibili soluzioni tecniche potrà effettuare una analisi di fattibilità economica.

2. Capacità di applicare conoscenza e comprensione. Lo studente dovrà produrre delle relazioni tecniche relative ai diversi argomenti nelle quali è richiesta sia l'applicazione delle conoscenze tecniche acquisite sia la capacità di scegliere fra diverse soluzioni sulla base di una ottimizzazione economica.

3. Autonomia di giudizio. Il corso fornisce allo studente le conoscenze tecniche di base ma anche gli elementi culturali per comprendere le implicazioni politiche sociali ed ambientali delle scelte nel settore energetico offrendo una panoramica globale utile per una rielaborazione autonoma da parte dello studente. Lo studente dovrà reperire autonomamente le informazioni relative ai diverse tipologie di impianti per dettagliare soluzioni e tecnologie proposte ed effettuare l'analisi economica in maniera coerente. Inoltre, spesso dovrà formulare ipotesi per procedere allo svolgimento delle stesse rivelando, quindi, il grado di maturità conseguito nell'analizzare le problematiche proposte.

4. Abilità comunicative. Questa abilità è stimolata nella fase di stesura delle relazioni tecniche di progettazione e di stesura del piano di fattibilità tecnico economica degli impianti ad energie rinnovabili.

5. Capacità di apprendimento. Le conoscenze tecniche e culturali fornite dal corso consentono allo studente che volesse proseguire gli studi o cominciare il suo cammino in azienda di farlo agevolmente.

Modulo Sistemi Solari Termici e Fotovoltaici

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.

LEZIONI FRONTALI	ORE FRONTALI
Concetti Introduttivi. Fonti energetiche e produzione di energia. Correlazione tra Energia, Ambiente e Sviluppo. Classificazione delle tecnologie delle fonti rinnovabili. La legislazione in campo energetico ed ambientale, Mercato elettrico.. Sostenibilità delle fonti energetiche.	5
Energia Solare. Misure, dati sperimentali e valutazioni; sistemi di misurazione della radiazione solare diretta e diffusa. Modelli di simulazione della radiazione solare.	5
Il bilancio energetico della Terra. Valutazione della radiazione globale al suolo. Effetto serra.	5
Trasmissione di calore per effetto radiativo convettivo e conduttivo. Lo spettro elettromagnetico; il corpo nero ed i corpi grigi. Coefficienti di scambio termico. Caratteristiche radiative dei materiali opachi.	5
Collettori solari termici: descrizione generale, bilancio	14

energetico, distribuzioni di temperatura, prestazioni. Accumulo termico. Modelli di simulazione del collettore solare termico.	
Sistemi fotovoltaici: descrizione generale, bilancio energetico, effetto della temperatura, prestazioni. Effetto fotovoltaico - Celle fotovoltaiche - Materiali - Caratteristiche. Energia giornaliera/annuale incidente - Posizionamento dei moduli fotovoltaici - Energia captata. Tipologia di utilizzazione: (sistemi isolati - sistemi connessi a rete). Progetto e dimensionamento di massima di un impianto fotovoltaico. Modelli di simulazione,	14
ESERCITAZIONI	
Concetti Introduttivi. Fonti energetiche e produzione di energia. Correlazione tra Energia, Ambiente e Sviluppo. Classificazione delle tecnologie delle fonti rinnovabili. La legislazione in campo energetico ed ambientale, Mercato elettrico. Sostenibilità delle fonti energetiche.	0
Energia Solare. Misure, dati sperimentali e valutazioni; sistemi di misurazione della radiazione solare diretta e diffusa. Modelli di simulazione della radiazione solare.	2
Il bilancio energetico della Terra. Valutazione della radiazione globale al suolo. Effetto serra.	1
Trasmissione di calore per effetto radiativo convettivo e conduttivo. Lo spettro elettromagnetico; il corpo nero ed i corpi grigi. Coefficienti di scambio termico. Caratteristiche radiative dei materiali opachi.	1
Collettori solari termici: descrizione generale, bilancio energetico, distribuzioni di temperatura, prestazioni. Accumulo termico. Modelli di simulazione del collettore solare termico.	4
Sistemi fotovoltaici: descrizione generale, bilancio energetico, effetto della temperatura, prestazioni. Effetto fotovoltaico - Celle fotovoltaiche - Materiali - Caratteristiche. Energia giornaliera/annuale incidente - Posizionamento dei moduli fotovoltaici - Energia captata. Tipologia di utilizzazione: (sistemi isolati - sistemi connessi a rete). Progetto e dimensionamento di massima di un impianto fotovoltaico. Modelli di simulazione,	4
TESTI CONSIGLIATI	Bent Sorensen, Renewable Energy , Terza edizione. Materiale didattico fornito dal docente

Modulo Tecnologie dell'idrogeno e Pile a Combustibile

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Fornire una conoscenza di base sui principi di funzionamento delle celle a combustibile, nonché sul funzionamento di questi dispositivi e sui processi di fabbricazione.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
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.
	ESERCITAZIONI
TESTI CONSIGLIATI	J. Larminie, A. Dicks, "Fuel Cell Systems Explained", Wiley (2003). M. Noro, "Celle a combustibile", Dario Flaccovio Editore (2003).

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2012-2013
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	TECNOLOGIA DEL PETROLIO E PROFOTTI PETROLIFERI
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	Chimica industriale
CODICE INSEGNAMENTO	03295
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/27
DOCENTE RESPONSABILE	Giuseppe Silvestri Prof. Ordinario (in quiescenza)
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	102
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	48
PROPEDEUTICITÀ	Nessuna. Tuttavia è previsto che lo studente abbia già acquisito le conoscenze da programma di Chimica Generale e Inorganica e di Chimica Applicata. Verranno in particolare utilizzati concetti di termodinamica, cinetica, configurazione elettronica degli atomi, equilibri liquido vapore in sistemi a un componente e a due componenti.
ANNO DI CORSO	Secondo
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Primo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Da definire in base al calendario delle attività didattiche

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente al termine del Corso avrà a disposizione gli strumenti intellettuali e le conoscenze tecniche utili a leggere e comprendere gli schemi semplificati di impianto dei principali processi di raffineria, a spiegare le motivazioni che portano ad adottare determinate soluzioni di processo in uso, a risalire nel tracciato produttivo della raffineria agli impianti di trattamento che portano a un dato prodotto e ad inquadrare le problematiche produttive di tipo energetico nell'ambito della sostenibilità globale, in particolare tenendo conto del contributo delle altre fonti energetiche

disponibili. Lo studente inoltre verrà messo in contatto con i problemi della sicurezza sul posto di lavoro e della pericolosità dei prodotti utilizzati in raffineria, e apprenderà alcune informazioni di base sui principali sistemi di sicurezza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente potrà comprendere e decodificare la complessità dell'approvvigionamento energetico attuale, con particolare riferimento ai derivati idrocarburi, e il dipanarsi dei percorsi produttivi che immettono sul mercato i diversi prodotti commerciali. A questo fine viene esaminato in dettaglio il percorso del greggio petrolifero dal suo ingresso in raffineria fino allo stoccaggio dei principali derivati commerciali, in modo da fornire immediate possibilità di inserimento nei gruppi di lavoro addetti alla gestione dei diversi impianti nei quali si articola una raffineria moderna.

Autonomia di giudizio

Lo studente sarà in grado di contribuire con autonoma capacità di giudizio alla valutazione dei diversi aspetti delle produzioni petrolifere, dall'approvvigionamento alla sicurezza, dal risparmio energetico all'impatto ambientale, nonché alla conduzione dei gruppi di lavoro precedentemente citati.

Abilità comunicative

Attraverso incontri con tecnici ed operatori del settore, lo studente apprenderà come utilizzare dialogicamente il suo bagaglio di competenze tecniche per interagire positivamente all'interno delle dinamiche intersoggettive che si generano all'interno dei gruppi di lavoro e potrà individuare, volta per volta, quali approcci comunicativi e relazionali sia più opportuno attuare per evitare che nascano, o eventualmente per risolvere, le conflittualità interpersonali e per portare ad una convergenza operativa più soggetti diversi per formazione culturale, ambito di competenze e livelli di responsabilità.

Capacità d'apprendimento

Lo studente sarà in grado di leggere e decodificare schemi semplificati di impianto, avrà ampliato le sue capacità di consultare testi specializzati dedicati ai diversi aspetti delle produzioni petrolifere finalizzate al mercato energetico. La sua capacità di apprendimento potrà estendersi fino alla rilettura del suo intero percorso formativo, trovando in questa come nelle altre discipline dell'ultimo anno la sintesi dei contenuti e la ragione dell'intera strategia formativa.

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 l'intera filiera delle produzioni petrolifere di tipo energetico.

ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
12	<p>1. <u>Richiami di chimica degli idrocarburi</u> Classificazione e nomenclatura degli idrocarburi: alcani, cicloalcani, aromatici, olefine e acetileni. L'isomeria in chimica organica. Correlazione tra struttura e proprietà fisiche. I composti non idrocarburi del petrolio: composti azotati, ossigenati, solforati, metallo organici e loro interferenza con i processi di separazione e trattamento. Cenni su struttura molecolare, energie di legame, entalpia, entropia ed energia libera di formazione, accensione, limiti di esplosività e numeri di ottano di idrocarburi. Struttura, nomenclatura e isomeria di olefine, acetileni e aromatici. Reazioni omolitiche ed eterolitiche degli idrocarburi. Energia di attivazione e stati di transizione. Cenni di catalisi eterogenea. Disattivazione dei catalizzatori eterogenei: avvelenamento, fouling, degradazione termica, volatilizzazione. La rigenerazione. Esempi di reattori per reazioni con catalisi eterogenea. Il biossido di carbonio: struttura, diagramma di stato, proprietà fisiche. Cenno alla reattività del biossido di carbonio come acido di Lewis.</p>
3	<p>2. <u>La sostenibilità energetica globale e le fonti di approvvigionamento.</u> Il concetto di sostenibilità e le sue interrelazioni. Fonti energetiche fossili: petrolio, gas naturale, oil sands, carbone, combustibili nucleari. Riserve stimate e durabilità. La produzione di energia elettrica nel mondo. Nuove (2010) installazioni e dismissioni di centrali elettriche in Europa. Modalità di produzione e trasporto di energia. L'ipotesi di sviluppo basata sull'economia dell'idrogeno.</p>
10	<p>3. <u>La raffineria: topping e prodotti primari.</u> Cenni sulla sicurezza negli impianti petroliferi e petrolchimici. I punti principali che caratterizzano un programma di prevenzione: qualità del progetto, analisi della sicurezza e dei rischi, ispezione e manutenzione, manuali e procedure operative. Operazioni di bonifica. Schede di sicurezza. Principali apparecchiature di controllo. Equilibri liquido vapore per sistemi a due componenti con comportamento ideale. La distillazione frazionata. Miscele azeotropiche. Miscele a parziale o totale immiscibilità in fase liquida. Legge di Dalton. Distillazione in continuo, rettifica, separazione di miscele ternarie o a più componenti. L'impianto di topping. Dissalazione. Fornace di riscaldamento della carica: dettagli costruttivi e di processo. La colonna di distillazione. Trattamento dei vapori di testa. Tagli laterali e residuo di fondo. Aspetti costruttivi. Scambiatori a fascio tubiero. Schemi di scambiatori a fascio tubiero nei ribollitori di fondo delle colonne di rettifica. Controllo termico lungo la colonna: riflusso di testa e pump around. Tagli laterali, stabilizzazione, stripping; curve di distillazione delle frazioni del topping: gap e overlapping. Schema semplificato dell'unità di topping. Principali variabili operative. L'impianto di vacuum. Eiettori e condensatori barometrici. Sezioni a piatti e sezioni a riempimento. Tipologie di inerti del riempimento. Schema semplificato dell'impianto di vacuum. Tagli laterali (LVGO e HVGO) e residuo. Principali variabili operative. Dati sull'estrazione di greggio dal 1987 al 2007 a livello planetario e per macroaree geografiche. Schemi di flusso di raffinerie a ciclo semplice e a conversione.</p>
15	<p>4. <u>Processi termici e termico catalitici</u> Stabilità termica degli idrocarburi. Processi di decomposizione totale o parziale. Diagramma di Francis. La cinetica di decomposizione in funzione della complessità molecolare. Meccanismo radicalico e stabilità dei radicali liberi. Reazioni a catena. Rottura in β: formazione di olefine e paraffine. Residui carboniosi</p>

	<p>a basso tasso di idrogenazione.</p> <p>Composizione di una benzina commerciale (Italia 2011). Pericolosità dei componenti.</p> <p>Classificazione delle operazioni di raffineria: separazioni fisiche, trattamenti esclusivamente termici, termico catalitici e catalitici e loro collocazione nell'ambito dei flussi in uscita dal topping. La catalisi metallica di scambio di idrogeno e la catalisi cationica.</p> <p>Valorizzazione del "bottom of the barrel": Visbreaking e Delayed Coking. Cenni sull'impianto di Visbreaking: condizioni operative, alimentazione e prodotti. Cenni sull'impianto di Delayed Coking.</p> <p>Idrodesolforazione: obiettivi, aspetti termodinamici e cinetici, schema semplificato dell'impianto.</p> <p>Valorizzazione delle frazioni C5+: l'impianto di isomerizzazione. Cenni sul processo e principali reazioni chimiche riguardanti la nafta LSR.</p> <p>Reforming. Reazioni concorrenti di isomerizzazione e di deidrogenazione. ΔH delle principali reazioni del reforming. Influenza della pressione parziale dell'idrogeno. Evoluzione dei sistemi catalitici e ricadute sul RON. Veleni temporanei e permanenti: coke e zolfo. Confronto tra sistemi catalitici a letto fisso e con catalizzatore circolante (rigenerativo, semirigenerativo e continuo). Reattori a flusso radiale. Andamento della reazione nei reattori del processo rigenerativo e semirigenerativo. Schema semplificato di un impianto di reforming semirigenerativo. Reforming in continuo. Schema semplificato dell'impianto continuo. Dettaglio sulla rigenerazione in semicontinuo del catalizzatore. Bonifiche. Variabili operative.</p> <p>Cracking catalitico: obiettivi produttivi e tipologie dell'alimentazione. Meccanismo cationico di reazione. Catalizzatori a base zeolitica: selettività dimensionale. Acidità di Brønsted e Lewis. Rigenerazione in continuo del catalizzatore. Il reattore FCC Model IV della Esso: schema di funzionamento. Dettagli sul funzionamento dei cicloni in uscita dalla testa del reattore e del rigeneratore. Prodotti del Cracking catalitico e loro destinazione. Variabili operative.</p> <p>Alchilazione. Cenni sul processo. Alimentazione da FCC. Principali reazioni di alchilazione. Catalisi a H₂SO₄ e a HF. Rese in funzione della carica olefinica. Funzionamento del reattore/scambiatore ad H₂SO₄.</p> <p>La Raffineria in cifre. Portate annue di grezzo e catalogo dei prodotti. Dati EIA sulle raffinerie negli USA. Raffinerie in Europa ed in Italia. La situazione siciliana.</p>
4	<p>5. <u>Carburanti di sintesi e di origine biologica</u></p> <p>Cenno al processo Sasol di produzione di benzine da gas di sintesi. Etanolo da fermentazione. Rilevanza attuale del processo e ulteriori prospettive di sviluppo. Situazione commerciale in Europa e nelle Americhe. Il biodiesel: dati di produzione in USA e in Europa. Impatto ambientale. La reazione di transesterificazione. Schema a blocchi del processo a biodiesel.</p>
4	<p>6. <u>Derivati non energetici del petrolio.</u></p> <p>Cenni di petrolchimica: produzione di olefine leggere per steam cracking di nafta leggera da topping; derivati dell'etilene: omopolimeri, copolimeri; trasformazione dell'etilene e del propilene in altri monomeri per polimerizzazione.</p>
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none"> - C. Giavarini, Guida allo studio dei processi di raffinazione e petrolchimici, Edizioni scientifiche Siderea, Roma, 1999 - Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley VCH Verlag GmbH & Co., 2004 - J. H. Gary, G. E. Handwerk, M. J. Kaiser, Petroleum Refining, Technology and Economics, 5th Edition, CRC Press, 2007

FACOLTÀ	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO	2012/2013
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Teoria del reattore nucleare e Dosimetria ed effetti delle radiazioni sui materiali (C.I.)
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante + Affine
AMBITO DISCIPLINARE	Ingegneria Energetica e Nucleare
CODICE INSEGNAMENTO	15157
ARTICOLAZIONE IN MODULI	SI
NUMERO MODULI	2
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/19, ING-IND/20
DOCENTE RESPONSABILE Teoria del reattore nucleare	Mariarosa Giardina Ricercatore Università Degli Studi Di Palermo
Dosimetria ed effetti delle radiazioni sui materiali	Elio Tomarchio Ricercatore Università Degli Studi Di Palermo
CFU	12
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	147
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	153
PROPEDEUTICITÀ	Misure Nucleari
ANNO DI CORSO	II
SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA Teoria del reattore nucleare	Mariarosa Giardina Attività didattica Ore Lezioni frontali 55 Esercitazioni 18
Dosimetria ed effetti delle radiazioni sui materiali	Elio Tomarchio Attività didattica Ore Lezioni frontali 50 Esercitazioni 30
MODALITÀ DI FREQUENZA	Obbligatoria
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Primo e Secondo semestre
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	11-12 MARTEDÌ E GIOVEDÌ

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI <u>Teoria del Reattore nucleare</u>

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. Contestualmente, il corso permetterà allo studente di acquisire conoscenze sugli studi sperimentali di misure di reattività riguardanti il reattore AGN Costanza del Dipartimento dell'Energia, sezione Nucleare, dell'Università di Palermo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà essere capace di effettuare misure e calcolo di reattività in un sistema nucleare critico. Inoltre, sarà in grado di effettuare procedure di avviamento e di raggiungimento della 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 ed elaborare tecniche per la misura dei principali parametri relativi alla regolazione della reazione nucleare 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, soprattutto nel caso di presenza di effetti di perturbazione.

Teoria del Reattore nucleare

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo principale è l'approfondimento di alcune tematiche inerenti lo studio delle fenomenologie fisiche riguardante la fissione nucleare in sistemi moltiplicanti. Si espone la teoria del reattore infinito per poi passare a quella riguardante il reattore finito e si forniscono le competenze per lo studio della teoria fisico-matematica del trasporto per i neutroni, successivamente approfondite nel secondo modulo didattico.

MODULO I	DENOMINAZIONE DEL MODULO
25	LEZIONI FRONTALI
5	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. Neutroni veloci e neutroni termici. Richiami sulle distribuzioni di probabilità. Approccio statistico allo studio dei neutroni termici. Legge di Fick. Applicabilità della legge di Fick.
20	La teoria della diffusione. I reattori omogenei. Sorgente puntiforme. Sorgente piana infinita. Mezzo omogeneo finito. Coefficiente di moltiplicazione. Conseguenze della agitazione termica sulla misura della sezione d'urto microscopica, σ : 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. Scelta della geometria ideale. Il reattore del CESNEF. Misure del Buckling materiale. Reflector Saving. Il rallentamento neutronico. Variazione della velocità con l'urto. Studio del rallentamento neutronico nell'idrogeno e in altri moderatori. Variazione dell'energia con l'urto. La letargia. Energia media di un neutrone dopo n urti. Urti necessari per ottenere una particolare energia. Densità di rallentamento. Densità di collisione. Libero cammino medio di trasporto. Descrizione del rallentamento con la letargia. Andamento delle probabilità con la letargia. Letargia media.
8	ESERCITAZIONI
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none">• Lamarsh J.R- Baratta A.J. - Introduction to Nuclear Engineering - 3rd edition – Prentice Hall (2001).• Stacey W.M. – Nuclear Reactor Physics - John Wiley & Sons – New York (2001).• Dispense fornite dal docente

MODULO II	DENOMINAZIONE DEL MODULO
30	LEZIONI FRONTALI
	Urti necessari per avere una certa letargia. Rappresentazione fisica del rallentamento tramite

10	la letargia. Spazio e tempo di rallentamento. Rallentamento con fughe. Età alla Fermi. Sorgente di neutroni puntiforme Sorgente di neutroni piana. Distanze quadratiche medie termiche e di rallentamento. Area di migrazione. Rallentamento con assorbimento nell'idrogeno. Rallentamento con assorbimento nella miscela Idrogeno-238U. Rallentamento con assorbimento nei moderatori pesanti.
20	Le risonanze di cattura. Approssimazione NR. Approssimazione NRIM. Effetto Doppler sulle risonanze. Integrale di risonanza efficace. Studio dei Reattori eterogenei. Il termine di fissione veloce ϵ . Fattore di fissione veloce ϵ . Criticità alla Fermi. Criticità a due gruppi. Criticità a due gruppi con riflettore. Barre di combustibile nei reattori eterogenei. Cella elementare. Parametro f nel reattore eterogeneo. Il reattore di Chinon. Parametro p nel reattore eterogeneo. Parametro ϵ nel reattore eterogeneo. Parametro η nel reattore eterogeneo. Criticità in un reattore eterogeneo. Reattore in equilibrio critico (R.E.C.). La cinetica puntiforme. Cinetica senza contoreazione. Criticità pronta. Cinetica con contoreazione.
10	ESERCITAZIONI
TESTI CONSIGLIATI	<ul style="list-style-type: none"> • Lamarsh J.R- Baratta A.J. - Introduction to Nuclear Engineering - 3rd edition – Prentice Hall (2001). • Stacey W.M. – Nuclear Reactor Physics - John Wiley & Sons – New York (2001). • Dispense fornite dal docente

<p><u>Dosimetria ed effetti delle radiazioni sui materiali</u></p> <p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze adeguate su nozioni e metodiche riguardanti la valutazione e la misura delle radiazioni ionizzanti finalizzato allo studio delle interazioni con la materia organica ed inorganica, degli effetti e delle azioni da adottare per la protezione dei lavoratori e della popolazione. Saprà impiegare le tecniche e i metodi di analisi e di intervento per la sicurezza dei lavoratori e della popolazione contro i rischi derivanti da attività con radiazioni ionizzanti. <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 radiogeni anche di tipo innovativo. Saprà inoltre misurare e calcolare la dose da radiazioni ionizzanti, Valutare e progettare sistemi dosimetrici e protezionistici idonei nelle varie tipologie di esposizione, nonché valutare gli interventi e progettare strutture ed impianti ai fini della protezione dei lavoratori e della popolazione. <p>Autonomia di giudizio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito adeguata capacità di giudizio per valutare gli interventi per la verifica di funzionalità degli impianti ed eseguire misure per il collaudo e il controllo delle sorgenti radiogene. <p>Abilità comunicative</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Capacità d'apprendimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
--

<p><u>Dosimetria ed effetti delle radiazioni sui materiali</u></p> <p>OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO</p> <p>L'obiettivo principale è l'approfondimento di alcune tematiche inerenti le valutazioni della condizioni di criticità del reattore nucleare. Si analizza la teoria del funzionamento del reattore omogeneo ed eterogeneo in diverse configurazioni geometriche.</p>
--

MODULO III	
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
25	<p>Nozioni fondamentali : Richiami di fisica delle radiazioni ionizzanti. Grandezze di sorgente. Campi di radiazione. Grandezze di campo. Particelle e radiazioni direttamente o indirettamente ionizzanti. Interazioni delle radiazioni con la materia : Particelle neutre, particelle cariche Percorso nella materia. Perdita di energia per collisione. Il LET. Poteri frenanti massici. Elementi di dosimetria : Grandezze dosimetriche. Grandezze relative al deposito o al trasferimento di energia. Calcolo della dose assorbita. Relazioni tra grandezze dosimetriche. Condizioni di equilibrio. La teoria della cavità. La relazione di Bragg-Gray, Camere omogenee e tessuto equivalente. Misura dell'esposizione. Camera ad ionizzazione. Camera ad aria libera. Misura diretta della dose assorbita: Metodo ionometrico, metodo calorimetrico, metodi chimici. Strumentazione di radioprotezione. Misura indiretta della dose assorbita : Dosimetria film sensibile, a termoluminescenza, dosimetri tascabili ad ionizzazione. Rivelatori Geiger-Muller con allarme, scintillatori, dosimetri elettronici. Effetti delle radiazioni sui tessuti: capacità di penetrazione delle radiazioni nei tessuti corporei. Reference Man. Effetti deterministici e stocastici, tardivi e genetici. Grandezze radioprotezionistiche: indicatori di rischio. Dose equivalente e dose efficace. Relazione dose-effetto. Grandezze protezionistiche per la popolazione. Dose e protezione da sorgenti esterne. Sorgenti puntiformi. Attenuazione dei fotoni monoenergetici in buona e cattiva geometria. Build-up. calcoli di attenuazione. Sorgenti lineari, superficiali e di volume. Attenuazione di fotoni non monoenergetici. Assorbimento dei neutroni di varia energia. La sezione d'urto di rimozione. Schermature: Scelta dei materiali schermanti. Schermi primari e schermi secondari. Calcolo dello spessore delle barriere per acceleratori di impiego medico e tubi a raggi X per diagnostica. Progettazione di bunker per ciclotroni. Schermatura dei neutroni.</p>
ORE FRONTALI	ESERCITAZIONI
15	<ul style="list-style-type: none"> -Calcolo di valori di dose e kerma in aria per varie tipologie di sorgenti ; -Attivazione neutronica – calcolo della dose da attivazione di vari materiali in un reattore nucleare o in un acceleratore; -Calcolo della dose da fasci esterni in condizioni di buona e cattiva geometria -Calcolo dello spessore di schermatura di un contenitore di trasporto per una sorgente radioattiva di Co-60 da 200 Ci. - Calcolo dello spessore di schermatura per un reparto di diagnostica RX.
TESTI CONSIGLIATI	<p>Laitano R.F. – Fondamenti di dosimetria delle radiazioni ionizzanti – ENEA (2010). Pelliccioni M. – Fondamenti fisici della radioprotezione – Pitagora –Bologna (1992). Martin James E. – Physics for Radiation Protection – John Wiley & Sons. (2000) Cember H. – Introduction to Health Physics. 3.rd edition – McGraw Hill. 1996.</p> <p><u>Sono disponibili Dispense di :</u> " Dosimetria e Radioprotezione Fisica", D.I.N., a cura di P.Puccio ed E. Tomarchio. " Effetti delle radiazioni sui materiali ", D.I.N. a cura di P. Puccio ed E. Tomarchio.</p>

MODULO IV	
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
25	<p>Nozioni di dosimetria da contaminazione interna. Vie di introduzione e di eliminazione. Accumulo, ritenzione ed escrezione corporea di un radionuclide. Le funzioni metaboliche. Calcolo della dose da contaminazione interna. La dose efficace impegnata. Modello a compartimenti. Modelli e tabulazioni ICRP e MIRD. Obiettivi della radioprotezione e limiti di dose: Il sistema di protezione raccomandato dalla ICRP. I principi di giustificazione, ottimizzazione e di limitazione delle dosi. Il controllo dell'esposizione professionale. Limiti di dose. Classificazione delle aree e dei lavoratori. Aspetti operativi della radioprotezione. Comportamento dei radionuclidi nell'ambiente:– Modelli ambientali. Gruppi critici della popolazione. Il trasporto dei radionuclidi nell'ambiente terrestre (atmosfera, acque, suoli,..). Calcoli di dose. Dose potenziale. Cenni sulla cinetica dei sistemi a compartimenti. Aspetti di radioprotezione nella gestione dei rifiuti radioattivi: Classificazione dei rifiuti. Smaltimento, ritrattamento, rilascio, sconfinamento, decontaminazione – Formule di scarico. Il trasporto di sorgenti o rifiuti radioattivi: Tipo di colli e requisiti tecnici richiesti. Limiti di attività.</p>

	<p>Indice di trasporto. Controlli relativi al trasporto e all'immagazzinamento. Norme per il trasporto stradale, ferroviario, navale, aereo.</p> <p>Effetti delle radiazioni sui materiali inorganici : Generalità- proprietà dello stato solido – Cristalli ideali e cristalli reali – Dislocazioni – Proprietà dei materiali metallici – Difetti – Effetti dei difetti sulle proprietà meccaniche - Effetti delle radiazioni su materiali strutturali – Irraggiamento neutronico degli acciai- Cenni al danneggiamento dello zirconio e sue leghe – Danneggiamento della grafite – Effetto delle radiazioni sui semiconduttori – Transistors, MOS e FET – Danneggiamento dei polimeri - Rottura di legami - Polimerizzazione indotta da radiazione - Radiation Processing - Applicazioni industriali delle radiazioni</p>
ORE FRONTALI	ESERCITAZIONI
15	<ul style="list-style-type: none"> - Calcolo della dose interna con l'impiego del modello a compartimenti a seguito di una introduzione di una sorgente radioattiva liquida. - Calcolo della dose potenziale a seguito di dispersione ambientale di inquinanti radioattivi - Verifica sperimentale delle caratteristiche dei materiali a seguito di un irraggiamento gamma (con IGS-3) - Verifica sperimentale del danneggiamento dei materiali a seguito di irraggiamento neutronico (con reattore AGN-201)
TESTI CONSIGLIATI	<p>Laitano R.F. – Fondamenti di dosimetria delle radiazioni ionizzanti – ENEA (2010). Pelliccioni M. – Fondamenti fisici della radioprotezione– Pitagora –Bologna (1992). Martin James E. – Physics for Radiation Protection – John Wiley & Sons. (2000) Cember H. – Introduction to Health Physics. 3.rd edition – McGraw Hill. 1996.</p> <p><u>Sono disponibili Dispense di</u> :</p> <p>“Dosimetria e Radioprotezione Fisica”, D.I.N., a cura di P.Puccio, E. Tomarchio. “ Effetti delle radiazioni sui materiali ”, D.I.N. a cura di P. Puccio ed E. Tomarchio.</p>

FACOLTÀ	INGEGNERIA
ANNO ACCADEMICO	2012/2013
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE	Ingegneria Energetica e Nucleare
INSEGNAMENTO	Termofluidodinamica numerica
TIPO DI ATTIVITÀ	Caratterizzante
AMBITO DISCIPLINARE	LM-30
CODICE INSEGNAMENTO	13525
ARTICOLAZIONE IN MODULI	NO
NUMERO MODULI	
SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI	ING-IND/19
DOCENTE RESPONSABILE	Michele Ciofalo Professore Ordinario Università di Palermo
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	135
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE	80 (56 h. di lezioni frontali + 24 h. di esercitazioni)
PROPEDEUTICITÀ	Nessuna
ANNO DI CORSO	2
SEDE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali Esercitazioni in aula
MODALITÀ DI FREQUENZA	Facoltativa
METODI DI VALUTAZIONE	Prova Orale
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
PERIODO DELLE LEZIONI	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE	Consultare il sito www.ingegneria.unipa.it
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	Prof. Michele Ciofalo Lunedì, Mercoledì e Venerdì h. 11-12 Stanza 111 - Primo piano Dipartimento di Ingegneria Nucleare, Viale delle Scienze Edificio 6

<p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (descrittori di Dublino)</p> <p>Conoscenza e capacità di comprensione (<i>knowledge and understanding</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione (<i>applying knowledge and understanding</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. <p>Autonomia di giudizio (<i>making judgements</i>):</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 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 DEL MODULO 1 “EQUAZIONI DI TRASPORTO E LORO DISCRETIZZAZIONE E RISOLUZIONE NUMERICA”

Obiettivo del modulo 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.

MODULO 1	EQUAZIONI DI TRASPORTO E LORO DISCRETIZZAZIONE E RISOLUZIONE NUMERICA
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
14	Conduzione del calore: 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.
14	Moto dei fluidi e convezione: 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”.
	ESERCITAZIONI
12	Stesura di un codice di calcolo 2-D in FORTRAN per la risoluzione di problemi termofluidodinamici.
TESTI	Dispense del corso

CONSIGLIATI	
--------------------	--

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO 2 “MODELLI DI TURBOLENZA E FENOMENI TERMOFLUIDODINAMICI SPECIALI”

Obiettivo del modulo 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.

MODULO 2	MODELLI DI TURBOLENZA E FENOMENI TERMOFLUIDODINAMICI SPECIALI
ORE FRONTALI	LEZIONI FRONTALI
14	La turbolenza ed i suoi modelli: 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”.
14	Fenomeni termofluidodinamici speciali: magnetoidrodinamica; convezione naturale turbolenta; strato limite atmosferico e fenomeni di dispersione in atmosfera; spray cooling; cenni sulla risoluzione numerica di problemi di combustione.
	ESERCITAZIONI
12	Confronto di modelli di turbolenza per diversi problemi termofluidodinamici utilizzando codici di calcolo sia commerciali (ANSYS-CFX) che “in-house”.
TESTI CONSIGLIATI	G. Comini, G. Croce ed E. Nobile (a cura di), <i>Fondamenti di Termofluidodinamica Computazionale</i> , UIT e SGEeditoriali, Padova, 3a edizione, Novembre 2008.