

La presente guida è parte integrante del Manifesto degli Studi.

Ai fini della consultazione si consiglia l'utilizzo dell'indice all'interno
del fondo del volume.

Eventuali aggiornamenti ai programmi dei corsi sono disponibili
sul sito <http://didattica.polito.it/guide>



**POLITECNICO
DI TORINO**

SOMMARIO

Nuovo Ordinamento
Corso di laurea in Ingegneria Energetica
Programmi degli insegnamenti

INGEGNERIA ENERGETICA
NUOVO ORDINAMENTO

INGEGNERIA NUCLEARE
VECCHIO ORDINAMENTO

Guida
ai programmi
dei corsi
2001/2002

DEEDC ANALISI MATEMATICA D

| | |
|---------------------------|---|
| Periodo: | 1 |
| Credito: | 5 |
| Prerequisiti obbligatori: | Analisi Matematica A, Analisi Matematica B, Geometria A |
| Geometria B2 | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso introduce il calcolo differenziale in più variabili e le sue principali applicazioni.

Prerequisiti

Contenuti dei corsi di matematica del primo anno.

Programma

Funzioni di più variabili. Derivate parziali, differenziale di Taylor ad ordine n . Applicazioni.

Calcolo degli estremi e integrali multipli. Integrali di volume, di superficie, di curva. Teoremi di Green, Stokes.

Calcolo vettoriale. Campi vettoriali e integrali di linea. Teoremi di Gauss e Stokes.

Lettere con esercizi

Profilo professionale e orientamenti

La documentazione riguardante il profilo professionale degli ingegneri nucleari, in particolare in relazione agli Orientamenti proposti, può essere richiesta agli Uffici della Segreteria Didattica Area Sud.

Contatti

Scritto e orale

Programma

03EDQ ANALISI MATEMATICA D

| | |
|--------------------------|---|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Analisi Matematica A, Analisi Matematica B, Geometria A2, Geometria B2 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso introduce il calcolo differenziale in più variabili e le sue principali applicazioni.

Prerequisiti

I contenuti dei corsi di matematica del primo anno

Programma

Funzioni di più variabili. Derivate parziali, differenziale, gradiente, matrice jacobiana, formula di Taylor (al secondo ordine). Applicazione alla ricerca di massimi e minimi liberi

Misura degli insiemi e integrali multipli

Curve e superfici. Integrali sulle curve e sulle superfici. Cenno ai teoremi di Gauss, Green, Stokes

Campi conservativi

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni svolte in aula

Bibliografia

Il testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso

Esame

Scritto e orale

01EQP ANALISI MATEMATICA E

Periodo: 2
Crediti: 3
Precedenze obbligatorie: Analisi Matematica D
Docente: da nominare

Presentazione del corso

Il corso introduce la teoria delle serie di funzioni e, in particolare, delle serie di Fourier. Saranno dati alcuni cenni sulla teoria dei sistemi di equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti.

Prerequisiti

I contenuti dei corsi di Analisi Matematica D

Programma

Serie numeriche
Serie di funzioni: cenno alla convergenza uniforme e operazioni sulle funzione definite mediante passaggio al limite.
Serie di potenze e serie di Fourier.
Sistemi di equazioni differenziali lineari.

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni svolte in aula

Bibliografia

Il testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso

Esame

Scritto e orale

11ACF ANALISI MATEMATICA I

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | nessuna |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso ha lo scopo di introdurre gli strumenti basilari del calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale. Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori. Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

Prerequisiti

Algebra elementare ed equazioni algebriche, sistemi lineari, trigonometria, coordinate cartesiane del piano, rette, ellissi, parabole.

Programma

Numeri e funzioni reali di variabile reale. Limiti e continuità. Derivate. Teoremi sulle funzioni continue e sulle funzioni derivabili. Formula di Taylor, infiniti e infinitesimi. Studi di funzione. Integrale definito e indefinito, teorema fondamentale del calcolo.

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni svolte in aula

Bibliografia

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso

Esame

Scritto e orale

09ACI ANALISI MATEMATICA II

| | |
|--------------------------|---|
| Periodo: | 3 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Analisi Matematica I e Istituzioni di Analisi e Geometria |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso ha per scopo l'introduzione dei principali strumenti del calcolo differenziale e integrale per le funzioni di più variabili reali (con particolare riferimento al caso delle funzioni di due variabili).

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori.

Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

Prerequisiti

Contenuti del corso di Analisi Matematica I e di Istituzioni di Analisi e Geometria

Programma

Funzioni di più variabili, derivate parziali, derivata direzionale, gradiente, matrice jacobiana, divergenza, rotore. Estremi liberi per le funzioni di due variabili.

Integrali multipli e integrali curvilinei. Campi vettoriali conservativi.

Serie di potenze e serie di Fourier.

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni svolte in aula

Bibliografia

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso

Esame

Scritto e orale

02AHV CHIMICA I

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Programma

- LEGGI FONDAMENTALI E STRUTTURA DELL'ATOMO (10 ORE)
Concetti fondamentali e leggi della chimica
Modelli atomici e proprietà periodiche
- LEGAME CHIMICO (10 ORE)
Legame ionico, covalente, dativo
Ibridazione, risonanza
Forze intermolecolari
Legame metallico
- STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA (10 ORE)
Gas ideali, equazione di stato, teoria cinetica. Gas reali
Liquidi, tensione di vapore
Solidi, raggi X, equazione di Bragg, strutture cristalline
- CARATTERISTICHE DELLE REAZIONI CHIMICHE (10 ORE)
Velocità di reazione e fattori influenzanti
Termochimica (calore di reazione, legge di Hess)
- EQUILIBRIO CHIMICO (10 ORE)
Legge di azione di massa, principio di Le Chatelier
Equilibri in soluzione acquosa, pH, prodotto di solubilità, idrolisi
- CENNI DI ELETTROCHIMICA (5 ORE)
Celle elettrolitiche e voltaiche
Potenziali di elettrodo e legge di Nernst
- COMPOSTI E REAZIONI DEI PRINCIPALI ELEMENTI CHIMICI (5 ORE)

01EQQ **COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI E DELLE STRUTTURE**

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso pone le basi per lo studio del corpo deformabile. Imposta il problema del corpo elastico e presenta la soluzione del problema di Saint Venant. Vengono studiate principalmente strutture monodimensionali (travi e sistemi di travi). Affronta inoltre il problema dell'instabilità e della non linearità, con trattazione della teoria di Eulero.

Il docente riceve tutte le mattine.

Prerequisiti

Statica nel piano e nello spazio, geometria delle aree, analisi matematica, calcolo numerico.

Programma

IL CORPO DEFORMABILE: Analisi dello stato di tensione: equazioni indefinite di equilibrio, componenti del tensore di tensione nel riferimento cartesiano ortogonale, tensioni principali. Analisi dello stato di deformazione: deduzione delle componenti del tensore di deformazione in un riferimento cartesiano ortogonale, deformazioni principali. Equazione dei lavori virtuali: applicazione al corpo deformabile. Leggi costitutive del materiale: il corpo elastico, la legge di Hooke, il corpo isotropo, tensioni ideali e limiti di resistenza. (10 ore)

TRAVI E TRAVATURE: Travature piane caricate nel loro piano e trasversalmente. Travature spaziali. Calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti in travature isostatiche ed iperstatiche. (10 ore)

TEORIA DELLE TRAVI: Il solido di St.Venant. Sforzo normale e flessione deviata. Taglio: teoria approssimata. Torsione: sezione circolare, sezione cava e sezione sottile aperta. (10 ore)

STRUTTURE DIVERSE: Sollecitazioni in un tubo in pressione. Cenni alle soluzioni membranali nel guscio assialsimmetrico (serbatoio in pressione) (4 ore)

FENOMENI DI INSTABILITÀ: L'asta caricata di punta, teoria di Eulero. L'asta oltre il limite elastico. Cenni ad altri fenomeni di instabilità (instabilità torsionale, tubo soggetto a pressione esterna) (4 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

Nelle esercitazioni gli allievi vengono assistiti nella soluzione di problemi relativi agli argomenti trattati a lezione e nella risoluzione di esempi concreti in ambito strutturale. (18 ore)

Sono previste alcune prove di laboratorio ed una visita a strutture esistenti. (4 ore)

Bibliografia

F.Algostino G.Faraggiana A.Sassi, Scienza delle costruzioni Vol. 1° e 2°, UTET
F.Algostino G.Faraggiana, Scienza delle costruzioni esercizi (in preparazione)

Esame

Prova scritta e orale

10APG DISEGNO TECNICO INDUSTRIALE

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 1/2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il linguaggio base di tutte le attività ingegneristiche è rappresentato, nella maggior parte dei casi, dal disegno che coinvolge l'ingegnere in due attività distinte: la modellazione e la comunicazione.

Nell'attività di progettazione ed analisi di sistemi, processi ed impianti industriali, tipici dell'ingegneria industriale, l'ingegnere utilizza il disegno per la scelta della soluzione costruttiva, l'effettuazione dei calcoli di progetto, con le analisi tecnico-economiche comparate delle diverse soluzioni; in questo senso il disegno non si presenta solo come un'attività puramente grafica, ma come sintesi dell'elevato patrimonio conoscitivo dell'ingegnere in un prodotto rispondente a delle specifiche funzionali, produttive ed economiche. Il modulo si propone pertanto di fornire agli allievi ingegneri le conoscenze e le metodologie necessarie alla modellazione ed alla rappresentazione grafica di elementi di macchine e loro insiemi, con particolare riferimento alla normativa nazionale ed internazionale.

Competenze attese

Lo studente dovrà acquisire la capacità di rappresentare e quotare i più comuni organi di macchine, tenendo conto delle esigenze funzionali e produttive nonché di interpretare in modo univoco e corretto disegni di particolari e complessivi.

Requisiti

Elementi essenziali di geometria euclidea piana e solida: proprietà delle rette dei triangoli, dei poligoni regolari, dei solidi, coni e cilindri. Nozioni di disegno tecnico affrontate nella Scuola media superiore, simbologia grafica, scale di rappresentazione, strumenti per il disegno, rappresentazione dei poligoni e dei solidi. Elementi di Geometria descrittiva: proiezioni ortografiche, assonometria.

Programma delle lezioni

Introduzione al disegno tecnico

Il disegno come linguaggio grafico per la comunicazione di informazioni tecniche. Collocazione del disegno nel ciclo di vita del prodotto. Il prototipo digitale. Normazione ed unificazione nell'ambito del disegno tecnico: scale, formati dei fogli, linee e simbologia grafica.

Le proiezioni ortogonali

Le proiezioni di punti, segmenti e figure piane. Le proiezioni ortografiche di solidi e loro penetrazione. Le sezioni e relative norme di rappresentazione. Le proiezioni assonometriche.

La quotatura e la rappresentazione degli errori

La quotatura funzionale e tecnologica. La disposizione delle quote e relative normative. I sistemi di quotatura. Le tolleranze dimensionali. Il sistema di tolleranze secondo la normativa ISO. I collegamenti foro-base ed albero-base. Catene di tolleranze. Finitura

superficiale, rugosità e sua indicazione a disegno. Le tolleranze geometriche. Prescrizione, scelta dei riferimenti funzionali.

Organi e collegamenti meccanici

Organi filettati: definizioni. Sistemi di filettature e relative norme di rappresentazione e quotatura. Viti, bulloni, ghiera filettate e dispositivi antisvitamento. Collegamenti albero-mozzo. Chiavette, linguette e profili scanalati. Rappresentazione di collegamenti saldati. Cuscinetti, cinghie, pulegge e ruote dentate.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella rappresentazione grafica (in modo tradizionale e mediante software di disegno assistito 2D e 3D parametrico) in assonometria ed in proiezione ortogonale quotata di parti o organi presentati singolarmente, o estratti da complessivi. L'ultima tavola consiste in un elaborato (a scelta dell'allievo, da eseguire mediante software grafico 3D) da svolgere sui temi principali trattati nel corso e che verrà discusso durante la prova orale.

Controllo dell'apprendimento

Le soluzioni delle tavole, i testi di verifica dell'apprendimento sono disponibili sul sito WEB del corso:

<http://www.polito.it/servstud/matdid/disegno>

E-mail: tornin@polito.it, podda@polito.it

Bibliografia

E. Chirone, S. Tornincasa, *Disegno Tecnico Industriale*, vol I e II, ed. Il Capitello, 2000/1.

Modalità dell'esame

L'esame consiste in una prova grafica, una prova orale (facoltativa), ed una valutazione delle esercitazioni (tavole) svolte durante il corso. Alla prova orale potranno essere ammessi solo gli allievi che avranno conseguito un voto non inferiore a 15/30 nella prova scritta.

Non è possibile sostenere l'esame (nè ottenere la frequenza) senza aver consegnato almeno l'80% delle tavole.

01AQR ECONOMIA DELLE FONTI DI ENERGIA

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 2 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso intende presentare i diversi aspetti dell'economia e della politica delle fonti di energia fornendo un quadro conoscitivo e metodologico di base per comprendere e affrontare i problemi energetici dal punto di vista tecnico ed economico.

Programma

SIGNIFICATO DI ENERGIA E BREVE STORIA DEL SUO UTILIZZO
IL MERCATO DELL'ENERGIA.

Economia delle fonti fossili e di quelle rinnovabili: offerta e domanda. Il Bilancio Energetico. I prezzi dell'energia: analisi dell'andamento dagli inizi del 900 ad oggi. La Bilancia Commerciale Energetica. Gli indicatori energetici: intensità energetica nel PIL. La politica energetica nazionale e dell'Unione Europea.

Le direttive dell'UE in materia energetica. I programmi di sviluppo dell'UE nel settore energetico.

GLI STRUMENTI DI GESTIONE ENERGETICA DEL SISTEMA PRODUTTIVO.

L'analisi energetica. Valutazione del costo dell'energia in azienda.

ENERGIA E AMBIENTE.

Le conferenze e gli accordi internazionali sui cambiamenti climatici indotti dalle politiche energetiche

L'analisi di ciclo di vita (Life Cycle Assessment e Life Cycle Costing)

Laboratori e/o esercitazioni

Laboratori:

Unità di misura e conversioni energetiche

L'energia elettrica: i mix energetici nazionali; le curve di carico; i costi di produzione e le tariffe elettriche; il mercato elettrico europeo.

Utilizzo di SW per l'analisi energetica (LCA con Boustead)

Esercitazione:

Studio di un mix energetico nazionale dal punto di vista economico ed energetico-ambientale

Bibliografia

Baldo G. L., LCA - Uno strumento di analisi energetica ed ambientale, Istituto per l'ambiente, Milano (2000)

Boustead I., Hancock G., Handbook of industrial energy analysis, The Open University, Milton Keynes, Hellis Horwood, (1979).

Clò A., Economia e politica del petrolio, Ed. Compositori, 2a ed, Bologna (2000)

Life Cycle Engineering, Dispense per il Corso di Life Cycle Assessment: il Manuale dell'Allievo, Politeco, Torino (2000)

Silvestri M., Il futuro dell'energia, Bollati Boringhieri, Torino (1988)

Esame

Colloquio con presentazione e discussione degli elaborati delle esercitazioni svolte.

05ATF ELETTRONICA

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso propone una inquadratura sistemica dei fondamenti della elettronica analogica e digitale, con particolare accento sui dispositivi elettronici impiegati nella ingegneria nucleare.

Programma

Introduzione: elettronica analogica, digitale, lineare, non lineare.

Amplificatori ideali e reali. Amplificatori operazionali in funzionamento lineare; sommatore, sottrattori, integratori, differenziatori.

Amplificatori operazionali in funzionamento non lineare; comparatori, "trigger" di Schmitt.

Reazione negativa e reazione positiva nei sistemi elettronici.

Fondamenti di algebra Booleana. Composizioni logiche realizzate con porte logiche.

I multivibratori. I principali tipi di bistabili (Flip-Flop).

La conversione digitale-analogica e analogica-digitale.

I sottosistemi di una catena di conteggio e i principali apparati elettronici di un impianto nucleare.

Affidabilità di componenti e sistemi. Cenni sul rumore nei sistemi elettronici.

Laboratori e/o esercitazioni

Problemi illustrati e svolti in aula: in buona parte proposti agli Allievi, poi svolti e illustrati dal Docente in una esercitazione successiva.

Bibliografia

Si raccomanda agli Allievi di prendere appunti durante le lezioni e le esercitazioni.

Per eventuale e non indispensabile consultazione, si suggerisce il seguente volume:

P.H.Beards: Elettronica analogica e digitale - Gruppo Editoriale Jackson.

Esame

Esame scritto: una domanda di carattere teorico-generale (svolgimento della risposta senza consultare nessun riferimento); uno o due esercizi-problemi (con la possibilità di consultare per lo svolgimento qualunque fonte di informazione).

09AUL ELETTROTECNICA

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Periodo: | 1/2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Matematica, Fisica |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Sono sviluppati i fondamenti della teoria dei circuiti elettrici propedeutici ai successivi corsi specialistici (Macchine Elettriche, Impianti Elettrici, Elettronica).

Prerequisiti

Calcolo differenziale e integrale. Equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Sviluppi in serie di Fourier. Geometria analitica nel piano: rette e coniche.

Programma

Reti elettriche a costanti concentrate (reti di multipoli): teoremi generali di vincolo per tensioni e correnti. Teorema di Tellegen. Impulso di tensione e di corrente. Potenza ed energia. Strumenti di misura: modalità di inserzione.

Caratteristica grafica di un bipolo. Punto di lavoro. Composizioni grafiche di caratteristiche per reti di bipoli in serie/parallelo. Adattamento energetico del carico.

Bipoli ideali elementari attivi e passivi: generatori di tensione e di corrente, resistore, induttore, condensatore. Serie e parallelo di bipoli elementari omologhi. Partitore di tensione e di corrente. Dualità. Bipoli ideali: generatori pilotati, trasformatore ideale, induttori mutuamente accoppiati. Modelli elementari di bipoli reali attivi e passivi.

Soluzione analitica di reti lineari serie/parallelo in regime stazionario: principio di sovrapposizione degli effetti, teoremi di Thévenin e Norton, teorema di Millman. Reti a ponte. Trasformazione stella/triangolo.

Funzionali caratteristici di grandezze periodiche. Grandezze ad andamento sinusoidale permanente. Operazioni algebriche ed integro-differenziali su grandezze sinusoidali, fasori. Operatori: impedenza e ammettenza. Potenza in regime sinusoidale.

Studio analitico e grafico di reti lineari serie/parallelo in regime sinusoidale permanente. Circuiti risonanti. Diagrammi polari. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati. Misure di potenza con inserzione Aron. Rifasamento.

Circuiti RC ed RL ad una costante di tempo. Circuiti RLC a due costanti di tempo. Bilancio energetico durante la carica/scarica di induttori e condensatori.

Laboratori e/o esercitazioni

Analisi di circuiti mediante programma di calcolo PSpice: Regime stazionario, sinusoidale, transitorio.

Misure su sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati.

Bibliografia

Dispense fornite dal docente.

V.Daniele, A.Liberatore, R.Graglia, S.Manetti: "Elettrotecnica". Monduzzi, Bologna

G.Fiorio: Raccolta di esercizi di Elettrotecnica. CLUT, Torino.

M.E.Herniter: Schematic Capture with MicroSim Pspice. Prentice Hall.

A.Laurentini,A.R.Meo,R.Pomè: Esercitazioni di Elettrotecnica. Levrotto & Bella.

Esame

Esame scritto completato con prova orale.

01AUT **ENERGETICA**

| | |
|--------------------------|---|
| Periodo: | 3 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Matematica, Fisica, Chimica, Termodinamica applicata, Economia, Economia delle fonti di energia |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il Corso si propone di far conoscere agli allievi l'importanza che gli scambi e le trasformazioni dell'energia hanno in tutti i processi evolutivi del mondo naturale e della civiltà umana, di fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze ingegneristiche utili per l'analisi e la valutazione dei principali sistemi energetici industriali e civili, con particolare attenzione per la produzione e utilizzazione di energia termica e elettrica. Vengono descritte e analizzate le soluzioni tecnologiche, impiantistiche e di sistema e viene dedicata particolare attenzione alle soluzioni innovative in merito all'uso razionale delle risorse primarie e alla compatibilità ambientale.

Al termine del corso gli allievi devono essere in grado di conoscere quali sono le risorse di energia primaria accessibili in natura, la loro disponibilità e la possibilità di conversione in risorse secondarie; di conoscere i principali processi di conversione energetica insieme alle tecnologie attualmente disponibili ed a quelle suscettibili di uno sviluppo futuro; di stabilire rapporti quantitativi tra le grandezze termodinamiche che caratterizzano i processi energetici; di caratterizzarne le interazioni con l'ambiente.

Il corso è articolato in lezioni teoriche, ed esercitazioni con applicazioni di calcolo e valutazioni tecniche ed economiche. Sono previste visite a impianti energetici.

Prerequisiti

I contenuti degli insegnamenti scientifici di base, della Termodinamica e dell'Economia.

Programma

Fonti energetiche e usi finali:

Le risorse energetiche del pianeta e la loro distribuzione. Le fonti primarie e secondarie. I cicli di trasformazione delle fonti primarie fossili e rinnovabili. Usi finali nei vari Paesi. Metodologie per la realizzazione dei bilanci materiali ed energetici. Bilancio energetico della Terra.

Cicli di conversione e impatto ambientale:

Cicli naturali e componenti antropiche. Impianti e sistemi per la conversione dell'energia. Energia e territorio: infrastrutture energetiche; interazioni della produzione energetica con l'ambiente; sostenibilità delle opzioni energetiche.

Energia ed economia:

Richiami di termodinamica; il concetto di energia utilizzabile e il teorema dell'exergia. Richiami di economia; composizione dei costi dei beni e dei servizi energetici; le strutture del mercato dell'energia. Tariffe, tassazioni, sussidi ed esternalità. Introduzione alla termoeconomia: bilanci di materia, energia e valore; bilanci di costo su base exergetica.

Tecnologie energetiche e modelli:

Rassegna delle principali tecnologie di conversione energetica e linee di tendenza per il futuro. Modelli di simulazione e di ottimizzazione energetica, economica ed ambientale.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni riguardano: l'analisi di un sistema energetico a scala territoriale, l'analisi tecnica e economica di un particolare ciclo energetico o di un impianto di conversione con l'utilizzo di programmi e codici presenti nei laboratori del Dipartimento. Sono previste visite a impianti industriali o civili.

Bibliografia

Materiale didattico distribuito dal docente.

Comini G., Cortella G., *Energetica generale*, Ed. SGEEditoriali, Padova 2001

Pedrocchi E., *Energetica*, Ed. CUSL Milano, 2001

Culp, A.W.: *Principles of Energy Conversion Technologies*, Mc Graw-Hill, New York, 2nd ed. 1991.

Boustead I., Hancock G., *Handbook of industrial energy analysis*, The Open University, Milton Keynes, Hellis Horwood, (1979).

Esame

Eventuale accertamento scritto e colloquio finale sugli argomenti svolti.

01EQS FISICA B PER INGEGNERIA ENERGETICA

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 1/2 |
| Crediti: | 7 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

- Interazioni di tipo elettrico (La carica elettrica, la Legge di Coulomb, il campo elettrico)
- Interazioni di tipo elettrico (Il Potenziale elettrico, il dipolo elettrico, energia di sistemi di cariche)
- Interazioni di tipo magnetico (Il campo magnetico, la forza magnetica su cariche in moto)
- Interazioni di tipo magnetico (Le sorgenti del campo magnetico, il dipolo magnetico)
- La corrente elettrica (Definizione di corrente, la Legge di Ohm e la conducibilità, potenza elettrica, la forza elettromotrice e i circuiti in corrente continua)
- Campi magnetici e corrente elettrica (Forza magnetica su una corrente, azioni meccaniche sui dipoli magnetici, campo magnetico generato da una corrente, forze tra correnti, unità di misura elettromagnetiche)
- Il campo elettrico statico (Flusso del campo elettrico, Legge di Gauss ed esempi di applicazione, conduttori in campo elettrico, polarizzazione della materia)
- Il campo elettrico statico (Vettore polarizzazione e vettore spostamento elettrico, il campo elettrico in un dielettrico, capacità elettrica e i condensatori, energia del campo elettrico, carica e scarica di condensatori)
- Il campo magnetico statico (Circuitazione del campo magnetico, la Legge di Ampere ed esempi di applicazione, il flusso del campo magnetico)
- Il campo magnetico statico (Magnetizzazione della materia, il campo magnetico in un materiale, energia del campo magnetico)
- Il campo elettro-magnetico dipendente dal tempo (La Legge di Faraday-Henry dell'induzione elettromagnetica, esempi ed applicazioni, autoinduzione nei circuiti, circuito RL, energia del campo magnetico)
- Il campo elettro-magnetico dipendente dal tempo (La Legge di Ampere-Maxwell, le Equazioni di Maxwell in forma integrale, le Equazioni di Maxwell in forma differenziale)
- Il campo elettro-magnetico dipendente dal tempo (I circuiti in corrente alternata, la mutua induzione e i circuiti accoppiati, l'energia del campo elettromagnetico)
- Le onde elettromagnetiche (Dalle Equazioni di Maxwell all'Equazione delle onde, onde elettromagnetiche piane)
- Le onde elettromagnetiche (Onde elettromagnetiche nella materia, effetto Doppler, spettro della radiazione elettromagnetica, emissione da dipolo)
- Riflessione, rifrazione e polarizzazione delle onde elettromagnetiche (Raggi e fronti d'onda, riflessione e rifrazione delle onde elettromagnetiche, polarizzazione delle onde elettromagnetiche)
- Ottica geometrica (Riflessione da superfici sferiche, rifrazione da superfici sferiche)
- Ottica geometrica (Le lenti, gli strumenti ottici, il prisma e la dispersione della luce)
- Interferenza (Interferenza da due sorgenti coerenti e sincrone, interferenza da molte sorgenti coerenti e sincrone)
- Interferenza (Onde stazionarie, esperienza di Hertz, guide d'onda)
- Diffrazione (Principio di Huygens, diffrazione di Fraunhofer da fenditura rettangolare e da fenditura circolare)

- Diffrazione (Diffrazione di Fraunhofer da due fenditure rettangolari, reticolo di diffrazione, diffrazione di raggi X)
- Introduzione alla meccanica quantistica (Cenni al dualismo particella-onda, i fotoni, diffusione di particelle da parte di cristalli, principio di indeterminazione di Heisenberg, concetto di funzione d'onda)
- Introduzione alla meccanica quantistica (Cenni al modello dell'atomo, evidenza della quantizzazione del momento angolare e dello spin dell'elettrone)
- Introduzione alla meccanica quantistica (Equazione di Schrodinger, particella libera, parete di potenziale, particella in una buca di potenziale)
- Introduzione alla meccanica quantistica (Stati elettronici negli atomi, elettroni nei solidi, metalli, semiconduttori ed isolanti)

Bibliografia

"FISICA" Vol. II, M. ALONSO e E.J. FINN (ED. MASSON S.P.A. MILANO).

07AXO FISICA I

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 3 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Programma

- 1) Grandezze, unità di misura ed equazioni dimensionali [Cap. 1] (2 h)
- 2) Misure ripetute, errori statistici, sistematici e strumentali. Valore medio. Enunciato del teorema del limite centrale. Errore relativo e percentuale. Grandezze funzioni di altre grandezze misurate. Propagazione dell'errore (4 h) Esercizi: (2 h)
- 3) Cinematica: vettore posizione, vettore velocità e vettore accelerazione. Traiettoria, velocità tangente alla traiettoria. e modulo della velocità. Moto dei gravi sulla superficie terrestre.(4h) [Cap. 2.6, 2.7,2.8, 2.9] Esercizi (2h)
- 4) Moti in coordinate intrinseche e cilindriche. Moti rotatori (2h) [Cap. 2.12,2.13,2.14] Esercizi (2h)
- 5) Sistemi di riferimento in moto traslatorio ed esercizi (2h) [Cap. 3.1,3.2,3.3]
- 6) Dinamica del punto: definizione di massa, densità di massa e di forza. I 3 principi della dinamica del punto. (4h) [Cap.4.1,4.2,4.3,4.4,4.5,4.6]
- 7) Forza gravitazionale e forza coulombiana; accelerazione sulla superficie terrestre ed esercizi (2h) [Cap. 4.7]
- 8) Forza elastica: moti armonici. ed esercizi (4h) [Cap.4.12]
- 9) Forze di attrito dinamico, statico, viscoso; reazione vincolare ed esercizi(6h) [Cap. 5]
- 10) Tensione della fune: carrucole fisse e mobili ed esercizi (4h) [Cap. 4.12]
- 11) Quantità di moto, impulso e teorema dell'impulso ed esercizi(2h) [Cap 8.1, 8.2]
- 12) Lavoro, potenza, energia cinetica e teorema delle forze vive. ed esercizi (4h) [Cap. 8.3,8.4]
- 13) Energia potenziale della forza peso, della forza coulombiana, della forza costante, della forza elastica. Campi conservativi e conservazione dell'energia meccanica. ed esercizi (4h) [Cap. 8.5,8.6, 8.7].
- 14) Momento angolare e momento della forza. Teorema della variazione del momento angolare. Forze centrali. Energia potenziale di un campo centrale (4h). [Cap. 9.1,9.2, 9.3, 9.4] Esercizi. (4h)
- 15) Dinamica dei sistemi: quantità di moto, energia cinetica, energia potenziale, momento angolare di un sistema di punti. Densità di massa. Centro di massa, quantità di moto del centro di massa. Forze interne e forze esterne. I equazione cardinale della dinamica dei sistemi. (4h) [Cap.10.1, 10.2, 10.3,10.4]
- 16) Momento delle forze agenti su un sistema. Lavoro delle forze agenti su di un sistema. Il seconda equazione della dinamica dei sistemi. Teorema del lavoro per i sistemi. (2h) [Cap.10.5, 10.6]
- 17) Corpo rigido rotante attorno ad un asse fisso. . Velocità angolare Momento di inerzia e teorema di Huyghens Steiner. Momento assiale. Energia cinetica di un solido rotante attorno ad un asse fisso. Teorema di Koenig per le rotazioni attorno ad assi non fissi ma mobili con direzione fissa. (4h). [Cap. 12.1,12.2,12.3,12.4,12.5]. Esercizi (4h)

Bibliografia

Libro di testo consigliato: S. Rosati, Fisica Generale, Vol. 1 (susceptibile di variazione)

06AXP **FISICA II**

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Programma

TERMODINAMICA

- 1) Termometria, dilatazione dei corpi, temperatura assoluta. [Cap. 20.1,20.2,20.3,20.4,20.5] Esercizi (2 h)
- 2) Calorimetria: equilibrio termico, passaggi di stato. Propagazione del calore: conducibilita' interna ed esterna, irraggiamento. [Cap. 21] Esercizi: (4 h)
- 3) Trasformazioni termodinamiche reversibili ed irreversibili, piano di Clapeyron, trasformazioni adiabatiche, isocore, isobare ed isoterme. Lavoro della pressione su di un sistema termodinamico. (4h) [Cap. 22.] Esercizi (2h)
- 4) Equazione di stato dei gas perfetti e trasformazioni: lavoro nella trasformazione[Cap. 23] (2h). Esercizi (2h)
- 5) I principio della termodinamica: energia interna come funzione di stato [Cap. 26] (2h)
- 6) Applicazioni del I principio ai gas perfetti: calori specifici, relazione di Mayer, equazioni delle trasformazioni, ciclo di Carnot, rendimento. (4h) .[Cap.27] Esercizi (2h)
- 7) Il II principio della termodinamica: equivalenza degli enunciati di Clausius e Kelvin, teorema di Carnot dei rendimenti. (2h)[Cap. 28.1, 28.2, 28.3]

ELETTROSTATICA

- 8) Campo elettrico di una distribuzione di cariche: additivita' e principio di sovrapposizione. Potenziale elettrostatico. [Cap. 1.1,1.2,1.3,1.4] (4h)
- 9) Applicazioni di base: anelli, dischi, sfere uniformemente carichi. (4h) [Cap. 1.5]
- 10) Teorema di Gauss.(2h) [Cap. 6.1
- 11) Applicazioni alle distribuzioni piu' elementari, quali piano, sfera, cilindro cavo e pieno, uniformemente carichi (4h) [Cap. 6.2].
- 12) Applicazioni del teorema di Gauss ai conduttori: gabbia di Faraday. Capacita' di un conduttore. Condensatori: definizione e proprieta', energia di un condensatore carico, forze tra le armature di un condensatore piano carico.(4h) [Cap. 6.3,6.4,6.7,6.8, 6.10,6.11] Esercizi (2h)

ELETTROMAGNETISMO

- 13) La corrente nei conduttori: legge di Ohm e densita' di corrente. Effetto Joule Conservazione della carica nel regime stazionario [Cap. 3.1,3.2,3.3.4] (2h)
- 14) Cenni sul magnetismo naturale e dipoli magnetici.: campo magnetico di una calamita. Forza esercitata da un campo magnetico su di un filo percorso da corrente, II legge di Laplace. (2h) [Cap. 7.1,7.2] Esercizi. (2h)
- 15) Campo di induzione magnetica generato da un filo percorso da corrente: I legge di Laplace. Applicazioni: fili rettilinei infiniti e finiti, spire quadrate e circolari, solenoide (6h).[Cap. 7.3,7.4,7.5, 7.6]
- 16) Forza di Lorentz: applicazioni negli acceleratori di particelle, tubi catodici. [Cap. 7.7] Esercizi (4h)
- 17) Teorema di Ampere [Cap.7.8] Esercizi (2h)

- 18) Induzione elettromagnetica: flusso magnetico concatenato ad un circuito, legge di Faraday. (2h) [Cap.8.1]
- 19) Applicazioni della legge di Faraday: tachimetri, fornaci ad induzione, alternatori (4h) [Cap. 8.2,8.4,8.6]
- 20) Concetto di autoinduzione e di mutua induzione (2h) [Cap. 8.7,8.9]

Bibliografia

S. Rosati, Fisica Generale, Vol. 1 (susceptibile di variazione)
 L. Lovitch-S. Rosati, Fisica Generale, Vol. 2 (susceptibile di variazione)

03BCJ GEOMETRIA I

| | |
|--------------------------|------------------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Istituzioni di Analisi e Geometria |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Scopo del corso è la presentazione dei principi fondamentali dell'algebra lineare e delle sue applicazioni allo studio della geometria.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori.

Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

Prerequisiti

Contenuti del corso di Istituzioni di Analisi e Geometria

Programma

Applicazioni lineari, autovalori e autovettori, cambi di base e diagonalizzazioni.

Cambiamenti di riferimento e coniche

Geometria analitica nello spazio: piani e rette, angoli e distanze, sfere e circonferenze, curve e superficie nello spazio (coni, cilindri, superficie di rotazione), cenni sulle quadriche

Laboratori e/o esercitazioni

esercitazioni svolte in aula

Bibliografia

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso

Esame

scritto e orale

03ECM INFORMATICA I

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 1,2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il modulo intende fornire agli allievi ingegneri una presentazione degli argomenti che costituiscono i fondamenti essenziali dell'informatica e delle tecnologie su cui si basano i sistemi informatici odierni. I sistemi di elaborazione vengono illustrati nelle loro caratteristiche hardware e software, incluso il contesto dei personal computer e di Internet, allo scopo di fornire un lessico sistematico e generale degli strumenti informatici individuali ed aziendali che l'allievo si troverà ad utilizzare sia nella sua esperienza di studente sia nella sua esperienza professionale. Nello stesso tempo vengono forniti agli allievi anche gli strumenti basilari per comprendere e valutare criticamente le caratteristiche e le potenzialità dei sistemi e degli strumenti informatici. Una parte significativa del modulo viene dedicata all'illustrazione delle tecniche, delle problematiche e dei principi della programmazione, mediante l'uso di diagrammi di flusso e di un linguaggio ad alto livello, con lo scopo di permettere all'allievo di comprendere i fondamenti del problem solving e della programmazione strutturata, e di sperimentarli nello sviluppo di piccoli programmi in un linguaggio di programmazione evoluto.

Requisiti

Si danno per noti i concetti generali sull'uso di un elaboratore come forniti dal corso di "Alfabetizzazione informatica" organizzato per le matricole ogni anno prima dell'inizio dei corsi.

Programma

- Rappresentazione dell'informazione numerica e non numerica.
- Cenni di algebra booleana e circuiti logici.
- Sistemi informativi, sistemi informatici, architettura hardware e software dei sistemi di elaborazione.
- Software applicativo: sue caratteristiche e potenzialità.
- Fondamenti di problem solving e di programmazione strutturata.
- Fondamenti di programmazione in un linguaggio ad alto livello.

Laboratori e/o esercitazioni

- Esercizi sugli argomenti teorici del modulo.
- Introduzione ad alcuni software di produttività, con esercizi pratici.
- Esercizi pratici di programmazione nel linguaggio di programmazione prescelto.

Modalità dell'esame

Esame scritto su tutti gli argomenti trattati durante il corso (teoria e programmazione); esame orale facoltativo a discrezione del docente.

01EMC ISTITUZIONI DI ANALISI E GEOMETRIA

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Analisi Matematica I |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso fornisce le prime applicazioni del calcolo differenziale e integrale: in particolare, vengono trattate le equazioni differenziali di primo e secondo ordine. Il corso fornisce inoltre i primi elementi di geometria, in particolare quelli che saranno utilizzati nei successivi corsi di Fisica.

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Materiale didattico per il lavoro individuale sarà disponibile in rete: la correzione degli esercizi sarà effettuata settimanalmente sotto la guida di studenti coadiutori.

Il docente è disponibile per consulenza secondo un orario che sarà reso noto all'inizio del corso.

Prerequisiti

Contenuti del corso di Analisi Matematica I

Programma

Coordinate polari.

Numeri complessi, equazioni differenziali del primo ordine e del secondo ordine lineari.

Vettori del piano e dello spazio.

Spazi vettoriali di dimensione finita.

Matrici e determinanti.

Sistemi lineari.

Geometria analitica del piano: rappresentazione della retta, angoli e distanze, circonferenza.

Laboratori e/o esercitazioni

esercitazioni svolte in aula

Bibliografia

Materiale didattico preparato dal docente; l'eventuale testo di riferimento sarà indicato dal docente all'inizio del corso

Esame

scritto e orale

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 4 |
| Precedenze obbligatorie: | Matematica, Elettrotecnica |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso ha lo scopo di fornire all'allievo i principi di funzionamento delle macchine elettriche di uso industriale

Programma

Classificazione dei materiali magnetici, fenomeno della non linearità ed isteresi magnetica.

Campo magnetico statico e lentamente variabile, circuiti magnetici, concetto di riluttanza, di induttanza, e di mutua induttanza, energia nei circuiti magnetici, Forze elettromotrici, trasformatoriche e mozionali, perdite nel ferro.

Macchina elettrica a corrente continua, cenni sulla commutazione e sulle caratteristiche costruttive, equazioni della macchina, eccitazione indipendente, serie e derivata, caratteristiche meccaniche, regolazione e problemi di avviamento. Modello dinamico.

Trasformatore monofase, trasformatore ideale e circuito equivalente del trasformatore reale, prova a vuoto ed in corto circuito, determinazione dei parametri di macchina, parallelo di trasformatori, trasformatori trifase, gruppo orario.

Motore ad induzione, principio del campo rotante di Galileo Ferraris,

Circuito equivalente, prove a vuoto ed in corto circuito, caratteristica meccanica, regolazione di velocità, motore asincrono monofase.

Cenni sulla macchina sincrona e brushless.

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni sul motore in corrente continua

Esercitazioni sul trasformatore trifase

Esercitazioni sul motore asincrono

07BOS MECCANICA APPLICATA

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 1/2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso è articolato indicativamente in trenta ore di lezione e trenta ore di esercitazione in aula o in laboratorio didattico.

Scopo del corso è fornire gli strumenti necessari per la conoscenza, l'identificazione e la modellazione dei fenomeni meccanici fondamentali, dei componenti e dei sistemi meccanici.

Requisiti

È richiesta la conoscenza dei contenuti dei corsi di Analisi Matematica e di Fisica.

Abilità e competenze

Conoscenza dei principali componenti meccanici utilizzati nell'industria, capacità di realizzare modelli funzionali di dispositivi e sistemi meccanici, capacità di scelta dei componenti adatti ad applicazioni specifiche.

Programma

CINEMATICA DEI MECCANISMI PIANI: cinematica del corpo rigido, accoppiamenti tra corpi rigidi (coppia prismatica, coppia rotoidale, coppia a camma, coppia elicoidale), gradi di libertà, cinematica dei moti relativi, analisi cinematica di meccanismi articolati.

FORZE NEI SISTEMI MECCANICI: classificazione delle forze; reazioni vincolari, forze elastiche, forze viscosse; attrito: attrito radente, attrito volvente e relativi modelli fisici; equilibrio di un sistema meccanico.

DINAMICA DEL CORPO RIGIDO NEL PIANO: geometria delle masse, riduzione delle azioni d'inerzia, equazioni cardinali, lavoro ed energia, applicazioni a sistemi meccanici.

SISTEMI VIBRANTI A UN GRADO DI LIBERTÀ: vibrazioni libere senza e con smorzamento, vibrazioni forzate con forzante periodica senza e con smorzamento.

DISPOSITIVI MECCANICI AD ATTRITO: ipotesi dell'usura, freni a pattino, freni a tamburo (modelli a forze concentrate), freni a disco, freni a nastro, frizioni, analisi dinamica di sistemi frenanti e di sistemi con innesto a frizione.

COMPONENTI PER LA TRASMISSIONE DEL MOTO: giunti, flessibili, ruote dentate, rotismi ordinari ed epicicloidali, sistema vite-madrevite, supporti (a strisciamento, volventi e lubrificati); analisi dinamica di accoppiamenti motore-utilizzatore variamente interconnessi.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni in aula consistono nella risoluzione di esercizi riguardanti gli argomenti trattati nel corso.

Si prevede inoltre di svolgere alcune esercitazioni di laboratorio su banchi didattici sperimentali e al Laboratorio Informatico.

Bibliografia

- C. Ferraresi, T. Raparelli, "Meccanica Applicata", Ed. CLUT, Torino, 1997.
G. Belforte, "Meccanica Applicata alle Macchine", Ed. Levrotto & Bella, Torino, 1997.
G. Jacazio, S. Pastorelli, "Meccanica Applicata alle Macchine", Ed. Levrotto & Bella, Torino, in stampa.
J.M. Meriam, L.G. Kraige, "Engineering Mechanics", Voll. 1-2, S.I. version, Wiley, N.Y., 1993.

Modalità d'esame

Compatibilmente con il numero di allievi e con la collocazione nel periodo didattico, sono previsti accertamenti in itinere in forma scritta, oppure un esame finale in forma orale o scritta.

02EME SISTEMI ECONOMICI ED ORGANIZZAZIONE DI IMPRESA

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 3,4 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso svolge il duplice compito di inquadrare l'impresa nel contesto economico di appartenenza e di approfondire gli aspetti organizzativi e di gestione aziendale.

Programma

Il sistema economico (1 credito):

Le variabili macroeconomiche e la contabilità nazionale.

La domanda, l'offerta e le forme di mercato.

L'impresa (1 credito)

Le variabili che caratterizzano la gestione dell'impresa.

La struttura organizzativa.

I costi aziendali (1 credito)

Definizione e classificazione.

Valutazione, analisi e contabilità industriale.

Cenni sul controllo di gestione.

Il bilancio delle imprese (1 credito)

Le finalità del bilancio.

I prospetti di bilancio.

Cenni di analisi di bilancio.

Le decisioni di investimento (1 credito)

I flussi di cassa e la loro attualizzazione.

L'analisi per indici.

Laboratori e/o esercitazioni

Analisi dei dati statistici dell'economia, casi di studio sull'organizzazione aziendale, esercizi sui costi, lettura del bilancio di un'impresa, applicazioni degli indici per l'analisi degli investimenti.

Bibliografia

Materiale indicato dal docente e fornito durante il corso.

Esame

Prova scritta e eventuale integrazione orale

01EQR TERMOGINETICA

| | |
|--------------------------|--|
| Periodo: | 3 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Analisi Matematica, Fisica e Termodinamica applicata, acustica e illuminotecnica |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Finalità: il corso, proposto al secondo anno della laurea in Ingegneria Energetica fornisce allo studente le conoscenze di base per lo studio termofluidodinamico degli impianti termici di potenza e di processo. Partendo dai fenomeni dello scambio termico e del moto dei fluidi, viene affrontato lo studio della conduzione termica nei solidi e vengono illustrati il trasferimento di massa, energia e quantità di moto dei fluidi termovettori monofase.

Obiettivi formativi: al termine del corso gli allievi devono essere in grado di:

- conoscere i principali fenomeni che sono alla base del trasporto di calore e del moto dei fluidi negli impianti termici e nei processi di conversione energetica
- conoscere le metodologie per impostare correttamente il bilancio di massa, energia e quantità di moto applicato a corpi solidi o a fluidi in movimento
- saper usare correttamente le tecniche di calcolo e le correlazioni fenomenologiche nella verifica e nel progetto di componenti e sistemi adibiti al trasporto di massa ed energia con fluidi monofase.

Articolazione del corso: il corso è composto di lezioni, in cui vengono esposti gli argomenti teorici, corredati di numerosi esempi, e esercitazioni, nelle quali vengono affrontati e risolti problemi di interesse pratico; alla fine dello svolgimento della lezione segue subito l'esercitazione con le applicazioni.

Le esercitazioni comprendono laboratori sperimentali sul moto dei fluidi in condotti.

I docenti ricevono periodicamente gli allievi e colloquiano con loro anche tramite posta elettronica.

Prerequisiti

Si richiedono conoscenze pregresse di Analisi matematica, Fisica, Termodinamica.

Programma

1) "Equazioni di conservazione della termofluidodinamica e leggi fenomenologiche dello scambio termico".

Introduzione sul moto dei fluidi: equazioni differenziali di conservazione della massa, dell'energia e della quantità di moto. Introduzione sui processi di scambio termico: meccanismi e leggi fenomenologiche.

2) "Conduzione del calore". Equazioni generali della conduzione. Conduzione monodimensionale in regime stazionario. Scambio termico su superficie estese. Conduzione del calore multidimensionale in regime stazionario. Conduzione del calore in regime transitorio: soluzioni analitiche a parametri concentrati e con separazione delle variabili. Metodi numerici alle differenze finite in regime stazionario e transitorio.

3) "Meccanica dei fluidi". Statica dei fluidi. Equazioni di Navier-Stokes e di Eulero. Equazioni integrali di conservazione. Analisi dimensionale; cenni sulla similitudine. Moto di fluidi ideali; moto irrotazionale; equazione di Bernoulli per fluidi ideali e reali.

Moto di fluidi viscosi: equazioni dello strato limite, laminare e turbolento. Moto di fluidi viscosi in condotti: profilo di velocità e fattore d'attrito, nel moto laminare e turbolento; equazioni di Reynolds, teoria della lunghezza di mescolamento. Cadute di pressione continue e localizzate. Trasporto di massa: legge di Fick della diffusione.

Laboratori e/o esercitazioni

Misura delle cadute di pressione distribuite in tubi e localizzate in singolarità; analisi dei dati e confronto con le previsioni teoriche. Risoluzione di esercizi e problemi di conduzione e moto dei fluidi.

Bibliografia

- B. Panella, Lezioni di Termocinetica, Nuova ed.
- S.Kakac and Y.Yener, Heat Conduction, Taylor & Francis, 1993.
- A. Bejan, Heat Transfer, Wiley, 1993.
- F.M. White, Fluid Mechanics, Mc Graw- Hill, 1987.

Esame

L'esame finale viene svolto oralmente e comprende la discussione degli elaborati delle esercitazioni di laboratorio. E' possibile dividere il colloquio in due parti.

01EQO TERMODINAMICA APPLICATA, ACUSTICA, ILLUMINOTECNICA

| | |
|--------------------------|---|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Analisi matematica A, Analisi matematica B, Fisica A2, Fisica D |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso è proposto al secondo anno del corso di studi in Ingegneria Energetica e si propone di fornire allo studenti gli elementi fondamentali della termodinamica dell'illuminotecnica e dell'acustica avendo cura di far comprendere allo studente gli aspetti pratici e i dispositivi reali nei quali queste teorie trovano ampia applicazione. In particolare per l'illuminotecnica e per l'acustica il corso si propone di preparare lo studente alla progettazione di semplici sistemi di illuminazione artificiale e di semplici dispositivi di attenuazione acustica.

Al termine del corso gli allievi devono essere in grado di sapere:

- applicare i fondamenti della Termodinamica alle macchine a fluido e agli impianti termotecnica
- operare correttamente un bilancio di energia su un qualsiasi sistema
- analizzare criticamente un sistema per conversione di energia attraverso considerazioni derivanti dal Secondo Principio della Termodinamica e dall'utilizzo dell'Equazione dell'energia utilizzabile
- scegliere qualitativamente e quantitativamente gli elementi illuminanti per ottenere i requisiti di illuminazione artificiale richiesti;
- individuare e provvedere ad un dimensionamento di massima di un semplice sistema di attenuazione acustica

Il corso è articolato in lezioni teoriche, nelle quali si introducono e si sviluppano con i necessari approfondimenti gli elementi teorici che permettono di sviluppare gli argomenti previsti.

Il ricevimento avviene nelle due ore settimanali prefissate o su appuntamento.

Prerequisiti

Il corso presuppone che lo studente abbia acquisito familiarità e capacità operativa con alcune conoscenze matematiche quali: funzioni iperboliche, funzioni di più variabili, limite, forma differenziale, differenziale esatto, integrale, derivata totale, derivata parziale, equazioni e sistemi di equazioni lineari e non, equazioni differenziali avendo presente il significato di equazione alle derivate parziali.

Nel modulo sono inoltre considerati già introdotti in precedenza:

- i principi fondamentali della conservazione della massa e della quantità di moto;
- il primo e il secondo principio della termodinamica (cenni);
- alcuni concetti e/o grandezze fisiche o fisico-chimiche quali massa, tempo, velocità, lavoro, struttura della materia, stati di aggregazione, regola delle fasi, mole, onda elettromagnetica, gas perfetto.

Programma

TERMODINAMICA

Definizione delle principali grandezze termodinamiche, diagramma di Clapeyron. Sistemi, stati, trasformazioni. Principio di conservazione dell'energia, per sistemi chiusi e aperti, entalpia. Equazione di Bernoulli generalizzata. Applicazioni del secondo principio della termodinamica, entropia, diagramma di Gibbs, irreversibilità, energia utilizzabile del calore. Gas ideali, cicli diretti a gas (Otto, Joule, Diesel). Vapori e loro proprietà, diagrammi di Mollier (h, s e p, h). Cicli diretti a vapore (Rankine, rigenerativi), cicli combinati. Effetto Joule-Thomson, gas reali. Cicli inversi, efficienze. Cicli frigoriferi a vapore

ILLUMINOTECNICA

Percezione visiva e sistema fotometrico. Sorgente puntiforme, intensità luminosa, indicatrice di emissione, illuminamento e prima formula di Lambert. Sorgente lineare, luminanza lineare, calcolo dell'illuminamento e del flusso su una superficie. Sorgente superficiale, luminanza, calcolo dell'illuminamento e del flusso su una superficie; seconda legge di Lambert. Interazione tra radiazione e materiali, coefficienti globali emisferici di riflessione, assorbimento e trasmissione; assorbimento in mezzo omogeneo, legge di Beer, coefficiente di assorbimento e costante di estinzione. Efficienza di una lampada elettrica

ACUSTICA

Onda di pressione e sua equazione. Intensità acustica. Intensità acustica e sensazioni sonora, legge di Weber-Fechner e audiogramma normale. Interazione tra onde elastiche e materiali, fattori di riflessione, trasmissione, assorbimento, assorbimento apparente. Effetto della frequenza. Campo sonoro libero. Campo sonoro riverberato, coda sonora. tempo di riverberazione convenzionale, formula di Sabine. Isolamento acustico; potere fonoisolante: a) caso di parete piana e legge della massa e delle frequenze b) caso di un condotto

Laboratori e/o esercitazioni

ESERCITAZIONI

Applicazioni del principio di conservazione dell'energia a sistemi chiusi e aperti, applicazioni del 2° principio, ciclo diretto a gas, ideale e reale. Riepilogo per accertamento scritto.

Applicazioni delle relazioni dell'illuminotecnica al calcolo dell'illuminamento di superfici.

LABORATORIO

Bilanci di energia su un ciclo inverso a compressione di vapore

Misura della potenza emessa da una sorgente di rumore bianco. Campo semiriverberante.

Bibliografia

Gli appunti di lezione

Appunti di Fisica Tecnica (a cura di R. Borchiellini e M. Cali in corso di stampa)

Testi consigliati

Termodinamica

M. Cali, P. Gregorio - Termodinamica - Esculapio Progetto Leonardo 1996 - 2 vol.

Illuminotecnica

G. Moncada Lo Giudice, A. de Lieto Vollaro - Illuminotecnica - Masson 1996

A. Sacchi, G. Cagliaris - Fisica Tecnica: Illuminotecnica e Acustica - UTET 1996

Acustica

G. Moncada Lo Giudice, S. Santoboni - Acustica - Masson 1996

A. Sacchi, G. Cagliariis - Fisica Tecnica: Illuminotecnica e Acustica - UTET 1996

Esercitazioni: R. Borchiellini, M. Cali, M. Torchio - FISICA TECNICA Esercitazione di Termodinamica - Politeko 1998

Esame

Esame orale

02EPU TERMOFLUIDODINAMICA

| | |
|--------------------------|--|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | Analisi Matematica, Fisica e Termodinamica applicata, acustica e illuminotecnica, Termocinetica. |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Finalità: il corso, proposto al secondo anno della laurea in Ingegneria Energetica, amplia e approfondisce le conoscenze fornite dal corso di Termocinetica. Lo studio del moto dei fluidi viene esteso ai mezzi porosi e ai deflussi bifase. Vengono illustrati i più noti modelli dello scambio termico per convezione, accennando anche allo scambio termico nei fluidi bifase. Viene esposto il calcolo degli scambiatori di calore e si analizza il principio di funzionamento dei tubi di calore. Viene infine illustrato lo scambio termico per irraggiamento.

Obiettivi formativi: al termine del corso gli allievi devono essere in grado di:

- conoscere la fenomenologia e effettuare la modellazione termoidraulica di componenti e sistemi adibiti al trasporto di massa ed energia con fluidi sia monofase che bifase
- effettuare calcoli termofluidodinamici di verifica e di progetto di scambiatori di calore
- conoscere i metodi di calcolo dello scambio termico per irraggiamento.

Articolazione del corso: il corso è composto di lezioni, in cui vengono esposti gli argomenti teorici, corredati di numerosi esempi, e esercitazioni, nelle quali vengono affrontati e risolti problemi di interesse pratico; alla fine dello svolgimento della lezione segue subito l'esercitazione con le applicazioni.

Le esercitazioni comprendono laboratori sperimentali sui deflussi bifase e sulle prestazioni degli scambiatori di calore. I docenti ricevono periodicamente gli allievi e colloquiano con loro anche tramite posta elettronica.

Prerequisiti

Si richiedono conoscenze pregresse di Analisi matematica, Fisica, Termodinamica e Termocinetica.

Programma

- 1) "Meccanica dei fluidi". Deflusso dei fluidi e processi di scambio termico nei mezzi porosi. Deflussi bifase.
- 2) "Scambio termico per convezione nei fluidi". Meccanismi di trasferimento del calore nei fluidi; scambio termico per convezione. Numeri adimensionati; coefficiente di scambio termico nel deflusso laminare e turbolento e in regime di convezione naturale. Scambio termico nel moto laminare e turbolento in condotti: modelli teorici e analogie tra trasporto di quantità di moto e di calore; scambio termico in convezione naturale e mista. Cenni sullo scambio termico bifase.
- 3) "Scambiatori di calore e tubi di calore". Scambiatori: tipologie, calcoli di verifica e progetto con i metodi della differenza di temperatura logaritmica media e del Numero di Unità di Trasferimento. Tubi di calore: tipologie e metodi di calcolo.
- 4) "Irraggiamento". Richiamo delle leggi fondamentali e del corpo nero. Fattori di forma, corpo grigio, analogia elettrica, cenni sull'irraggiamento di gas e vapori.

Laboratori e/o esercitazioni

Regimi di deflusso e misura della frazione di vuoto nel deflusso di miscele bifase aria - acqua in tubi. Studio sperimentale delle prestazioni di scambiatori di calore presso il LATER. Misure di trasmissione del calore presso il LADITF. Risoluzione di esercizi e problemi di scambio termico. Dimensionamento di scambiatori di calore.

Bibliografia

- B. Panella, *Lezioni di Termocinetica*, Nuova ed.
- G. Guglielmini, C. Pisoni, *Elementi di Trasmissione del Calore*, Masson, 1996
- A. Bejan, *Heat Transfer*, Wiley, 1993.
- J.P. Holman, *Heat Transfer*, McGraw Hill, 1997.

Esame

L'esame finale viene svolto oralmente e comprende la discussione degli elaborati delle esercitazioni di laboratorio. E' possibile dividere il colloquio in due parti.

3. TESI DI LAUREA

La tesi di laurea consiste nello svolgimento, sotto guida di un professore relatore, di un progetto o di uno studio di carattere tecnico e scientifico.

Chi abbia deciso di optare per tale tesi deve prima depositare il progetto presso l'Area di Formazione in Ingegneria Aero-spaziale utilizzando un modulo per la prenotazione presso la Segreteria Didattica dell'Area Sud (corrispondente alle Segreterie Regionali), alla quale dovranno ugualmente essere consegnati, debitamente compilati, i moduli del docente relatore, allegati nei mesi prima della presunta discussione della tesi, e comunque rispettando le date qui sotto elencate:

| SESSIONI DI LAUREA | | SCADENZA FOGLIO GIALLI | |
|--------------------|---------------|------------------------|-------------------|
| 1° Sessione | marzo 2002 | turno unico | 21 settembre 2001 |
| 2° Sessione | maggio 2002 | I turno | 23 novembre 2001 |
| 3° Sessione | luglio 2002 | II turno | 13 gennaio 2002 |
| 4° Sessione | ottobre 2002 | I turno | 13 aprile 2002 |
| 5° Sessione | dicembre 2002 | II turno | |

VECCHIO ORDINAMENTO

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA NUCLEARE

La data della Sessione di laurea, e conseguente la data di deposito del modulo di prenotazione, riportate nella Guida dello studente, dovranno essere comunicate alla Segreteria Didattica dell'Area Sud per il ricevimento della domanda di ammissione agli esami generali di laurea. Si ricorda che l'argomento della tesi deve essere identico a quello indicato nel foglio giallo presentato al docente relatore.

Una copia della tesi, firmata dal relatore e dallo studente stesso, deve essere consegnata alla Segreteria Didattica dell'Area Sud entro la data riportata nella Guida dello studente; una copia deve essere consegnata al/ai relatore/i; una copia deve essere

Profilo professionale e orientamenti

La documentazione riguardante il profilo professionale degli ingegneri energetici, in particolare in relazione agli Orientamenti proposti, può essere richiesta agli Uffici della Segreteria Didattica Area Sud.

■ TESI DI LAUREA

La tesi di laurea consiste nello svolgimento, sotto guida di un professore ufficiale, di un progetto o di uno studio di carattere tecnico o scientifico.

Gli allievi che hanno deciso di optare per tale tesi devono farne domanda al Presidente dell'Area di Formazione in Ingegneria Aerospaziale utilizzando un modulo giallo in distribuzione presso la Segreteria Didattica dell'Area Sud (corridoio lato Corso Einaudi), alla quale dovranno ugualmente riconsegnarlo, debitamente compilato e firmato dal docente relatore, almeno sei mesi prima della probabile discussione della tesi e comunque rispettando le date qui sotto elencate:

SESSIONE DI LAUREA

| | | |
|--------------|---------------|-------------|
| I Sessione | marzo 2002 | turno unico |
| II Sessione | maggio 2002 | I turno |
| | luglio 2002 | II turno |
| III Sessione | ottobre 2002 | I turno |
| | dicembre 2002 | II turno |

SCADENZA FOGLIO GIALLO

| |
|-------------------|
| 21 settembre 2001 |
| 23 novembre 2001 |
| 18 gennaio 2002 |
| 19 aprile 2002 |
| 14 giugno 2002 |

In prossimità della Sessione di laurea, e seguendo le scadenze fissate dal Calendario dell'Anno Accademico riportate sulla Guida dello Studente, il laureando dovrà rivolgersi alla Segreteria Didattica dell'Area Sud per il ritiro e la riconsegna dei moduli relativi alla domanda di ammissione agli esami generali di laurea. Si ricorda che l'argomento della tesi deve essere identico a quello indicato nel foglio giallo presentato 6 mesi prima.

Una copia della tesi, firmata dal relatore e dallo studente stesso, deve essere consegnata alla Segreteria Didattica dell'Area Sud entro la data riportata sulla Guida dello Studente; una copia deve essere consegnata al/ai relatore/i; una copia deve essere portata alla seduta di laurea.

La tesi deve essere redatta su fogli di formato UNI A4. Si consiglia la stampa su ambedue le facciate della pagina.

Q0940 COSTRUZIONE DI MACCHINE

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Graziano CURTI (collab.: Cristina BIGNARDI, Francesca CURÀ) |

Presentazione del corso

Il corso si articola nei tre moduli seguenti:

- 1) Principi generali di resistenza degli organi delle macchine - 30%;
- 2) Progettazione e calcolo di componenti complessi - 40%;
- 3) Dispositivi e organi di giunzione e collegamento - 30%.

Il corso ha l'obiettivo di riprendere e approfondire gli argomenti della Scienza delle Costruzioni con particolare riferimento a quelli che costituiscono il fondamento della progettazione delle macchine e dei loro componenti. In esso vengono presentati gli elementi tipici che influenzano il comportamento e la resistenza degli organi delle macchine come l'effetto d'intaglio, la fatica, lo scorrimento a caldo e lo smorzamento interno dei materiali. Di questi elementi vengono forniti i dati caratteristici (metodi, formule, diagrammi) che ne consentono l'applicazione pratica.

Vengono inoltre descritti e illustrati i principali organi delle macchine e i mezzi di collegamento e di accoppiamento.

Il corso si propone in definitiva di fornire agli allievi le metodologie della progettazione delle macchine e dei relativi organi.

Prerequisiti

Scienza delle Costruzioni, Meccanica Applicata alle Macchine.

Programma

Introduzione - Presentazione - Argomenti e Finalità - Lezioni, esercitazioni, esami: modalità e regole. (2 ore).

Ruote dentate - Ingranaggi - Caratteristiche geometriche, cinematiche, di taglio e di resistenza. (14 ore)

Cuscinetti - Tipi - Montaggio. (4 ore)

Ipotesi di rottura - Tensioni equivalenti. (4 ore)

La fatica dei materiali: descrizione, caratteristiche, diagrammi. - Meccanica della frattura. (10 ore).

Effetto d'intaglio: definizione, diagrammi, dati numerici. (6 ore)

Smorzamento interno dei materiali. Scorrimento a caldo dei materiali. (4 ore)

Molle - Tipi - Calcoli - Applicazioni. (16 ore)

Giunti - Innesti. (6 ore)

Teoria di Hertz: formule finali e applicazioni. (8 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

Nell'ambito del corso verrà svolta una esercitazione che dovrà essere verificata dagli assistenti o dai coadiutori entro la fine delle lezioni.

L'esercitazione consiste nella progettazione del riduttore epicicloidale alle ruote di un veicolo industriale e comprende: i calcoli di dimensionamento e/o verifica di alcuni elementi del gruppo, il disegno complessivo e alcuni disegni particolari da definirsi.

Modalità di svolgimento delle esercitazioni. Distribuzione e descrizione del materiale didattico. Spiegazione dello schema e del disegno costruttivo del gruppo differenziale. (4 ore)
Calcolo dei rapporti di trasmissione. Calcolo dei numeri di denti. (2 ore)
Forze scambiate nel gruppo differenziale. Cumulate dei carichi. (6 ore)
Verifica degli ingranaggi a flessione e a pitting. (6 ore)
Calcolo delle reazioni sui cuscinetti. Scelta dei cuscinetti. Verifica statica e dinamica. (2 ore)
Calcolo degli scanalati. Calcolo di una giunzione bullonata. Calcolo dell'albero in uscita (ponte posteriore). (4 ore)
Assistenza allo svolgimento delle esercitazioni. (30 ore)

Bibliografia

R. Giovannozzi, 'Costruzione di Macchine', Casa Editrice Pàtron, Bologna.
Niemann-Winter, 'Elementi di macchine', Vol. 1, 2, 3. Ed. Scienza e Tecnica, Milano.
G. Bongiovanni, G. Roccati, 'Giunti fissi, articolati, elastici e di sicurezza', Levrotto & Bella, Torino, 1986.
G. Bongiovanni, G. Roccati, 'Giunti articolati per la trasmissione tra alberi mobili', Levrotto & Bella, Torino, 1984.
G. Bongiovanni, G. Roccati, 'Innesti a denti, ad attrito, automatici e di sopravanzo', Levrotto & Bella, Torino, 1987.

Esame

Prova orale.

QA370 DINAMICA E CONTROLLO DEGLI IMPIANTI NUCLEOTERMOELETTRICI

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Mario DE SALVE (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Il corso si propone di fornire le metodologie per l'analisi della dinamica delle centrali nucleotermoelettriche e per il controllo automatico delle stesse. Il corso completa il percorso formativo di un ingegnere nucleare con la sensibilizzazione ai problemi dell'esercizio di impianti complessi, quali quelli nucleari, in condizioni di progetto e fuori progetto e nelle fasi di avviamento, di modulazione dei carichi, di fermata.

Il corso è articolato in due moduli. Il primo modulo (modulo A: Processi di produzione dell'energia elettrica e controlli automatici) ha l'obiettivo di acquisire le metodologie per la formulazione di modelli di dinamica e controllo di componenti e sistemi nonché l'applicazione a casi semplici, il secondo modulo (modulo B: Dinamica e controllo di componenti e sistemi di centrali nucleotermoelettriche) è specifico per la formulazione e l'applicazione di modelli a componenti e sistemi degli impianti nucleotermoelettrici.

Ogni modulo è caratterizzato da circa 40 ore di lezione e 10 di esercitazione.

I temi sviluppati riguardano:

- sistemi per la produzione di energia elettrica: caratteristiche funzionali ed interconnessione con la rete elettrica;
- elementi di teoria dei controlli automatici;
- cinetica puntiforme;
- modelli termoidraulici dinamici per componenti e sistemi;
- analisi della stabilità di impianti e sistemi;
- instabilità termoidrauliche;

L'obiettivo didattico dominante del corso è connesso alla formulazione di modelli, scelta degli strumenti di simulazione, analisi critica dei risultati della simulazione in relazione alle ipotesi e agli obiettivi dello studio. Nelle esercitazioni sono impiegati strumenti informatici per lo studio di sistemi lineari e non lineari.

Il corso è consigliabile agli studenti interessati all'analisi del sistema di produzione dell'energia elettrica con centrali sia nucleari che convenzionali, e più in generale agli studenti interessati alle problematiche di esercizio di impianti complessi.

Programma

PRIMA UNITA' DIDATTICA: *PROCESSI DI PRODUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA E CONTROLLI AUTOMATICI (50%)*

Problematiche di dinamica e controllo degli impianti di produzione dell'energia elettrica

Controllo gerarchico e suoi livelli

Impiego dei calcolatori di processo nel controllo, supervisione e regolazione dei processi

Sistemi fisici e sistemi di regolazione

Modelli Dinamici e loro classificazione

Formulazione dei modelli dinamici con simulazione nel dominio del tempo e della frequenza

Sistemi meccanici con moto di traslazione e di rotazione

Sistemi elettrici ed elettromeccanici

Sistemi idraulici, Sistemi termici e Sistemi termoidraulici
Sistemi a parametri distribuiti, Sistemi non lineari
Schemi a blocchi ed algebra degli schemi a blocchi
Sistemi di regolazione: classificazione ed esemplificazione, Errori a transitorio esaurito
Attuatori pneumatici, idraulici, elettromagnetici, di dinamica di alcuni strumenti di misura.
Studio delle funzioni di trasferimento: luogo delle radici, risposta in frequenza, rappresentazioni di Bode e di Nyquist
Stabilità dei sistemi a retroazione
La compensazione con il metodo del luogo delle radici e con i diagrammi della risposta in frequenza.
Esercitazioni: Utilizzo del MATLAB e relativi toolbox per lo studio nel dominio del tempo e della frequenza di semplici sistemi dinamici.

SECONDA UNITA' DIDATTICA: DINAMICA E CONTROLLO DI COMPONENTI E SISTEMI DI CENTRALI NUCLEOTERMOELETTRICHE (50%)

Generatori di vapore degli impianti termoelettrici e loro dinamica, Controllo del livello nei generatori di vapore
Centrali nucleotermoelettriche: caratteristiche funzionali e problematiche di regolazione
Analisi dettagliata delle caratteristiche e dei problemi di regolazione del Balance of Plant
Generatore di vapore a tubi ad U: modelli dinamici,
Regolazione del livello e della portata del vapore
Regolazione e dinamica delle turbine a vapore.
Sistema di scarico rapido del vapore (steam dump)
Il circuito primario: sottosistemi e problemi di regolazione, funzionamento neutronico del core
Cinetica puntiforme e relative funzioni di trasferimento associate al core. Effetti di retroazione associati alla reattività e stima dei coefficienti di reattività del core, stabilità del reattore.
Barre di controllo e sistemi di movimentazione delle barre di controllo.
Regolazione della reattività con l'acido borico.
Modello termoidraulico del circuito primario.
Sottoinsiemi del sistema di controllo del volume e della chimica dell'acqua.
Pressurizzatore: regolazione della pressione e del livello.
Modelli dinamici per i reattori ad acqua bollente.
Instabilità termoidrauliche.
Transitori operativi, preoperazionali e di tipo anticipato.
Esercitazioni: Formulazione di modelli e stesura di programmi di simulazione con il Matlab relativi a componenti e sistemi dei circuiti primari e secondari dell'impianto. Simulazione di transitori termoidraulici e neutronici di impianto.

Laboratori e/o esercitazioni

1. Applicazione del Simulink per la soluzione di problemi non lineari nel dominio del tempo. [10 ore]
2. Applicazione del MatLab e del control tools nella soluzione di modelli del circuito primario e secondario di un PWR. [10 ore]
3. Esemplificazione del funzionamento dei regolatori e delle funzioni di regolazione su una attrezzatura didattica di controllo della pressione. [2 ore]
4. Esemplificazione del funzionamento di un sistema di acquisizione dati con misura di temperature e pressioni [2 ore].

Bibliografia

- J. Lewis, Nuclear reactor kinetics and control, Pergamon, 1978.
J.J. D'Azzo, C.H. Houpis, Linear control system analysis and design, conventional and modern, McGraw-Hill, 1988.

Esame

L'esame verte in modo prevalente sulla discussione ed analisi degli aspetti teorici dei temi svolti nelle esercitazioni nonché nella formulazione e discussione di tipici modelli dinamici di interesse delle centrali nucleotermoelettriche.

Q7210 ELETTRONICA INDUSTRIALE

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso intende presentare i fondamenti della Elettronica a futuri ingegneri nucleari. Dopo una esposizione degli elementi necessari per comprendere la struttura e il funzionamento dei principali 'sistemi elettronici' allo stato di sviluppo attuale (la parte: ca. 60% del carico didattico e di studio), si pone l'accento sui circuiti e sulle apparecchiature elettroniche di maggiore interesse per la tecnica nucleare (IIa parte: ca. 40% del carico didattico e di studio). La conoscenza dei contenuti della Ia parte è premessa indispensabile per potere seguire un corso con i contenuti della II parte. Requisiti Nozioni propedeutiche indispensabili sono quelle oggetto di un normale corso di Elettrotecnica generale.

Programma

1. FONDAMENTI DI ELETTRONICA. (60 %)

Richiami di nozioni generali: definizioni (sistema, circuito, componente, etc.), sorgenti di tensioni e correnti, componenti (passivi e reattivi), leggi dei circuiti. Gli amplificatori operazionali. L'amplificatore operazionale ideale come sistema I/O, in funzionamento lineare e non lineare. L'amplificatore operazionale reale. Il calcolatore analogico. Componenti a semiconduttori: diodi a giunzione, transistori unipolari (FET), transistori bipolari (BJT), tiristori. Modelli circuitali dei diodi e dei transistori. Reazione positiva e negativa nei sistemi elettronici. Oscillatori. Amplificatori per grandi e piccoli segnali. Risposta in frequenza degli amplificatori. Elettronica digitale. Algebra di Boole, porte logiche, famiglie logiche.

2. ELETTRONICA DELLE TECNICHE NUCLEARI. (40 %)

Applicazioni della elettronica digitale: multivibratori, demoltiplicatori (contatori), registri. Elettronica della tecnica nucleare. Elementi base di una catena di conteggio: amplificatori per impulsi, circuiti di coincidenza e anticoincidenza, discriminatori integrali e differenziali. Conversione ampiezza-tempo. Conversione analogica-digitale e digitale-analogica. Misuratori di cadenza di conteggio. Alcuni problemi della strumentazione degli impianti nucleari.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella discussione in classe di problemi di carattere applicativo, svolti in classe o proposti per lo svolgimento a casa.

Bibliografia

All'inizio del corso viene messa a disposizione degli Allievi una copia riproducibile di note manoscritte che coprono la maggior parte del programma. Due utili riferimenti (che contengono solo taluni argomenti della IIa parte) possono essere (complementari tra loro):

P.H.Beards: Elettronica analogica e digitale - Corso completo. Gruppo Editoriale Jackson, Milano 1990.

R.J.Smith, R.C.Dorf: Circuits, Devices and Systems, 5th edition. John Wiley & Sons, 1992.

Esame

Consiste in due prove scritte: lo svolgimento di un tema di carattere teorico senza materiale di riferimento e, immediatamente dopo, la risoluzione di uno o più problemi, con libera consultazione di libri, note ecc. Eventuale successivo accertamento orale se il candidato, che abbia riportato una votazione media o bassa dello scritto, lo desidera.

Q1790 ELETTROTECNICA

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Edoardo BARBISIO (Dip. Ingegneria Elettrica Industriale) |

Presentazione del corso

Scopo del corso è fornire i fondamenti dell'analisi dei circuiti elettrici e della teoria dei campi, evidenziandone le interconnessioni metodologiche d'approccio. Se ne mostra l'impiego nei modelli di alcune fondamentali macchine statiche e rotanti e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica. Il corso è costituito da tre moduli

Prerequisiti

Corsi propedeutici consigliati: Analisi I e II, Fisica I e II, Geometria.

Programma

PRIMA UNITA' DIDATTICA: *CIRCUITI (50%)*

Impegno (ore totali) lezione: 37 esercitazione: 10 laboratorio: 6

Reti elettriche a costanti concentrate (reti di multipoli); teoremi generali di vincolo per tensioni e correnti. Teorema di Tellegen. Impulso di tensione e di corrente. Potenza ed energia. Strumenti di misura: modalità di inserzione. (6 ore).

Caratteristica grafica di un bipolo. Punto di lavoro. Composizioni grafiche di caratteristiche per reti di bipoli in serie/parallelo. Diodo ideale. Adattamento di carico. (3 ore).

Bipoli ideali elementari attivi e passivi: generatori di tensione e di corrente, resistore, induttore, condensatore. Serie e parallelo di bipoli elementari omologhi. Partitore di tensione e di corrente. Dualità. Biporta ideali: generatori pilotati, trasformatore ideale, induttori mutuamente accoppiati. Modelli elementari di bipoli reali attivi e passivi. (6 ore).

Soluzione analitica di reti lineari serie/parallelo in regime stazionario: principio di sovrapposizione degli effetti, teoremi di Thévenin e Norton, teorema di Millman. Reti a ponte. Trasformazione stella/triangolo. (6 ore).

Grandezze periodiche. Grandezze ad andamento sinusoidale permanente. Operazioni algebriche ed integro-differenziali su grandezze sinusoidali, fasori. Operatori: impedenza e ammettenza. Potenza in regime sinusoidale. (4 ore).

Studio analitico e grafico di reti lineari serie/parallelo in regime sinusoidale permanente. Circuiti risonanti. Diagrammi polari e di Bode. Rifasamento monofase. (6 ore).

Circuiti RC ed RL ad una costante di tempo. Reti lineari in regime transitorio d'ordine superiore al primo. Calcolo rapido delle pulsazioni proprie. Relazioni tra pulsazioni proprie ed elementi costitutivi di una rete. Calcolo del termine forzante. Caso della risonanza. (6 ore).

SECONDA UNITA' DIDATTICA: *CAMPI STAZIONARI E QUASI STAZIONARI (20%)*

Impegno (ore totali) lezione: 13 esercitazione: 6 laboratorio: 1

Campi stazionari di corrente: uniforme, cilindrico, sferico. Proprietà integrali e locali. Potenza volumica. Rifrazione delle linee di campo. Impianti di messa a terra: indicazioni sul progetto ed il collaudo. Dimensionamento e protezione dei conduttori. Interruttori magnetotermici e differenziali. (4 ore)

campi stazionari nei dielettrici: uniforme, cilindrico, sferico. Proprietà integrali e locali. Energia volumica. Rifrazione delle linee di campo. Rigidità dielettrica (2 ore).

Campo magnetico stazionario e quasi stazionario. Proprietà integrali e locali. Energia volumica. Campo provocato da conduttori rettilinei indefiniti percorsi da corrente. Campo in un toroide. Ciclo d'isteresi. Perdite per isteresi. Energia magnetica volumica. Rifrazione delle linee di campo. Analogie tra campi magnetici e di corrente: circuiti magnetici. Induttori con traferro. Induttori saturabili. Circuiti con magneti permanenti.

TERZA UNITA' DIDATTICA: *IMPIANTI E MACCHINE* (30%)

Impegno (ore totali) lezione: 20 esercitazione: 8 laboratorio: 4

Sistema trifasi simmetrici ed equilibrati. Misure di potenza con inserzione Aron. Rifasamento trifase. Confronto tra sistemi monofase e trifase per il trasporto dell'energia. Carichi squilibrati. Cenni alle deformazioni di tensioni / correnti nei sistemi simmetrici con carichi non lineari. (6 ore). Legge di induzione elettromagnetica. Perdite per correnti parassite. Azioni elettromeccaniche.

Strumenti di misura basati su azioni elettromeccaniche. Relè polarizzati. Interruttori magnetotermici. (5 ore)

Trasformatore / autotrasformatore monofase e trifase: cenni costruttivi e circuito equivalente completo. Prova a vuoto e in corto circuito. Dati di targa. Variazione di tensione sottocarico.

Parallelo di trasformatori. (5 ore)

Campo magnetico rotante. Macchina ad induzione trifase e monofase: cenni costruttivi e circuiti elettrici equivalenti. Caratteristiche meccaniche ed elettromeccaniche. Metodi di avviamento dei motori asincroni trifasi e monofasi. (4 ore).

Laboratori e/o esercitazioni

Laboratori: (totale: 11 ore)

Misure: rilievo della caratteristica grafica di un dipolo non lineare. Prova a vuoto in corto circuito su un trasformatore monofase. Misure su un impianto di messa a terra. Misure su un motore asincrono trifase. (4 ore).

Simulazioni con elaboratore numerico: uso del programma PSpice per l'analisi dei circuiti elettrici. (7 ore)

Esercitazione: (totale: 24 ore)

Consistono in Esercizi ed Approfondimenti sugli argomenti trattati nelle lezioni.

Sono inoltre previste 24 ore Tutoraggio (svolgimento di esercizi da parte degli allievi con assistenza di docenti)

Bibliografia

Appunti forniti dal docente.

S. Chapman: 'Macchine elettriche'. Jackson, Milano.

G. Fabricatore: 'Elettrotecnica e applicazioni'. Liguori, Napoli.

V. Daniele, A. Liberatore, R. Graglia, S. Manetti: 'Elettrotecnica'. Monduzzi, Bologna

G. Fiorio: Raccolta di esercizi di Elettrotecnica. CLUT, Torino.

M.E. Herniter: Schematic Capture with MicroSim Pspice. Prentice Hall.

K. Küpfmüller: 'Fondamenti di elettrotecnica'. UTET, Torino.

A. Laurentini, A.R. Meo, R. Pomè: Esercitazioni di Elettrotecnica. Levrotto & Bella.

G. Someda: 'Elettrotecnica generale'. Pàtron, Padova.

Esame

L'esame consiste di una prova scritta seguita da una orale.

Q1830 ENERGETICA E SISTEMI NUCLEARI

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Corso di Laurea in Ingegneria Nucleare (Orientamento Energetico)

L'insegnamento può essere seguito anche da studenti di altri Corsi di Laurea, i quali siano particolarmente interessati all'analisi dei sistemi energetici.

Il Corso di propone di fornire le conoscenze ingegneristiche e gli strumenti metodologici utili per l'analisi e la valutazione dei principali sistemi energetici industriali e civili, con particolare attenzione rivolta alla produzione di energia elettrica e alla produzione combinata di energia elettrica e termica.

Vengono descritte e analizzate le soluzioni tecnologiche, impiantistiche e di sistema, disponibili sia nel settore nucleare che in quello convenzionale. Particolare attenzione è dedicata alle soluzioni innovative in merito all'uso razionale delle risorse primarie, alla compatibilità ambientale ed alla sicurezza.

Prerequisiti

Termodinamica applicata o Fisica Tecnica.

Programma

PRIMA UNITA' DIDATTICA: *ELEMENTI INTRODUTTIVI (20%)*

1.1. Forme e trasformazioni fondamentali dell'energia

Fonti e usi finali dell'energia.

I cicli di trasformazione delle fonti fossili e nucleari e di quelle rinnovabili.

Energia e sistemi economici. Energia e ambiente. Gli indicatori energetici e la loro evoluzione nelle varie fasi dello sviluppo economico e industriale.

1.2. Elementi di ecologia

Gli ecosistemi.

Gli elementi costitutivi dell'ambiente naturale: atmosfera, idrosfera, pedosfera, biosfera, ecc.

I principali cicli materiali nell'ambiente naturale: acqua, carbonio, azoto, zolfo, ossigeno, ecc.

Le perturbazioni naturali e quelle di origine antropica.

1.3 Fondamenti di energetica

Energia ed exergia

Metodologie per l'analisi energetica ed exergetica dei cicli e delle trasformazioni termodinamiche.

SECONDA UNITA' DIDATTICA: *LE FONTI PRIMARIE DI ENERGIA E LA LORO UTILIZZAZIONE (20 %)*

2.1. Le fonti primarie e le modalità del loro impiego

l'energia solare (diretta e indiretta),

la biomassa,

i combustibili fossili,

i combustibili nucleari: fissione e fusione

l'idrogeno

2.2. Le modalità di vettoriamento

2.3. Gli usi finali

TERZA UNITA' DIDATTICA: LE NUOVE TECNOLOGIE (10 %)

3.1. *Situazione attuale e prospettive per impianti e sistemi provati e per proposte innovative dal punto di vista tecnologico e ambientale. La maturità tecnologica e commerciale. La competizione tra tecnologie antagoniste.*

3.2. *Analisi dello stato dell'arte dei seguenti sistemi:*

i cicli del carbone,

i cicli dell'idrogeno,

le celle a combustibile,

i reattori nucleari avanzati,

i reattori nucleari a sicurezza intrinseca,

le fonti rinnovabili.

3.3. *Analisi del ciclo dei reattori nucleari a fissione:*

bilanci massa-energia per l'intero ciclo

valutazioni relative all'impatto ambientale

confronti con altri cicli energetici

3.4 *Problemi tecnologici dei reattori a fusione a confinamento magnetico*

QUARTA UNITA' DIDATTICA: I MODELLI PER L'ANALISI DEI SISTEMI ENERGETICI (20 %)

4.1. *Modelli per la valutazione delle caratteristiche tecnologiche, economiche ed ambientali dei sistemi energetici alle varie scale di analisi.*

4.2. *Strutture e finalità di alcuni programmi e codici per l'analisi energetica e la redazione di ecobilanci (GRAFENE, TEMIS) e per la programmazione lineare in scenari evolutivi (MARKAL).*

4.3. *Problemi tecnologici dei reattori a fusione a confinamento magnetico*

Laboratori e/o esercitazioni

nella prima parte del corso: l'analisi di un sistema energetico a scala territoriale
nella seconda parte del corso: l'analisi di un particolare ciclo energetico o di un sistema tecnologico o di un sistema territoriale con l'utilizzo di programmi e codici descritti nel corso; la modellizzazione di un ciclo energetico nucleare.

Nel Laboratorio Didattico di Analisi e Modelli Energetici (LAME) si svolgeranno applicazioni al computer di alcuni modelli di analisi integrale tecnico-economico-ambientale.

Sono previsti seminari di esperti in modellazione di sistemi energetici.

Bibliografia

Culp, A.W.: Principles of Energy Conversion Technologies, Mc Graw-Hill, New York, 2nd ed. 1991.

Eichholz, G.G.: Environmental Aspects of Nuclear Power, Ann Arbor Science, 1976.

Altra documentazione, con i relativi riferimenti bibliografici, sarà messa a disposizione dal docente.

Esame

Il colloquio d'esame comprende la discussione degli elaborati di esercitazione e laboratorio didattico.

QA590 FISICA DEGLI ACCELERATORI

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso si ripropone una finalità culturale e una applicativa. La finalità culturale è legata all'importanza sia fisica che ingegneristica degli argomenti trattati nel corso. Data la natura multidisciplinare del campo esistono inoltre parecchie opportunità di spunti sia per il ripasso di argomenti di grande importanza e generalità, sia per la discussione delle prospettive di progresso sia scientifico che tecnologico.

Per quanto riguarda le finalità applicative, occorre notare che i grandi acceleratori presenti e futuri (per es. LEP, LHC) richiedono personale altamente qualificato, quali potrebbero essere i laureati di Ingegneria nucleare dopo una specializzazione. Inoltre in campo medico e industriale si diffonde sempre più l'uso di piccoli acceleratori. Pertanto il corso si ripropone anche d'indirizzare gli studenti verso queste possibili offerte del mercato occupazionale, incoraggiandoli, per es. mediante le "tesine", a esaminare le applicazioni degli acceleratori.

Il corso consiste di tre parti.

Programma

Nella prima parte si ripassano velocemente quegli elementi di relatività ristretta e di elettromagnetismo avanzato che, opportunamente complementati, servono a formare una solida base per la comprensione della parte centrale del corso. Inoltre vengono sviluppate tecniche numeriche, in particolare utilizzabili in connessione con computers paralleli, di grande utilità per la progettazione e analisi di elementi strutturali di vari acceleratori. **(30% del totale)**

La seconda parte consiste di una veloce rassegna dei tipi più importanti di acceleratori (elettrostatici, lineari, betatroni, ciclotroni, sincrociclotroni e sincrotroni), dei loro principi operazionali e del principio di stabilità di fase. Inoltre si sviluppano in dettaglio le teorie di oscillazione di betatrone e di sincrotrone e si descrive il principio di focalizzazione forte, sulla base del quale viene spiegato il funzionamento dei sincrotroni a gradiente alternato. **(40% del totale)**

Infine nella terza parte vengono studiate alcune fra le più importanti applicazioni degli acceleratori, spesso attraverso l'esposizione di "tesine" da parte degli studenti. Come applicazione di particolare interesse scientifico si studia inoltre l'utilizzo dei grandi acceleratori nella fisica delle alte energie. Per comprendere meglio l'importanza dell'argomento vengono illustrati i concetti più innovativi della fisica delle particelle elementari, quali l'introduzione dei quarks, la cromodinamica quantistica, le supersimmetrie, etc. **(30% del totale)**

Q1965 **FISICA DEI REATTORI NUCLEARI A FISSIONE / FISICA DEI REATTORI NUCLEARI A FUSIONE (i)**

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Silvio E. CORNO (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Questo corso integrato, fondamentale per tutti gli allievi nucleari, inizia con un modulo propedeutico sui metodi fisico-matematici della neutronica, che vengono analizzati con l'intento di evidenziare il loro effettivo significato fisico e il loro collegamento con le misurazioni sperimentali. Ciò allo scopo di renderne comprensibili le implicazioni della teoria sia nel progetto ingegneristico delle centrali a fissione attuali e di nuova generazione, sia nel dimensionamento neutronico dei blankets per i reattori a fusione e nello sviluppo di nuove apparecchiature biomedicali.

Il modulo di Fisica dei reattori a fissione si prefigge di chiarire i principi di funzionamento di tali impianti e i meccanismi di generazione controllata di energia nucleare. Con particolare riguardo al bilancio neutronico, all'intrattenimento della reazione a catena, alla distribuzione spaziale della potenza, sia in condizioni statiche che dinamiche. Vengono studiati i principi del controllo delle centrali a fissione convenzionali e le peculiarità dei reattori sottocritici, sia nella generazione di energia che nella trasmutazione di scorie radioattive a vita lunga.

Il modulo di Elettrodinamica e fisica dei reattori a fusione si propone di fornire gli elementi di base della teoria fisico-matematica che descrive il funzionamento delle macchine con cui si tenta di realizzare la fusione nucleare controllata. L'enfasi è posta sui fondamenti dell'elettrodinamica classica e della fluidodinamica dei continui ionizzati, analizzando le orbite delle particelle cariche in campo magnetico e i fenomeni collettivi nei plasmi.

L'approccio metodologico di questo corso integrato vuole essere formativo più che informativo: ciò al fine di permettere all'allievo di mettersi in grado di affrontare autonomamente una vasta gamma di problemi e modellizzazioni fisico-matematiche, che si incontrano anche in altri svariati campi della ricerca industriale. Gli argomenti trattati, che pur fanno parte del patrimonio culturale strettamente indispensabile all'Ingegnere Nucleare, potrebbero fornire, anche a cultori di altri settori dell'ingegneria e della fisica, quegli stimoli culturali e quelle metodologie di base trasversali, che sono utili per affrontare problematiche di ricerca in svariati settori delle scienze applicative.

Programma

PRIMA UNITA' DIDATTICA: **METODI FISICO-MATEMATICI DELLA NEUTRONICA (30%)**

Interazione dei neutroni con la materia.

Teoria della diffusione neutronica e cenni alla teoria del rallentamento nei mezzi materiali; moderatori e mezzi moltiplicanti.

Equazione di diffusione monocinetica dipendente dal tempo; metodi a multigruppi energetici.

Cenni al collegamento tra teorie di tipo diffusivo e trasportistico.

Interpretazione di esperimenti di tipo esponenziale e pulsato per la misura dei parametri neutronici fondamentali dei materiali.

SECONDA UNITA' DIDATTICA: **FISICA DEI REATTORI A FISSIONE (40%)**

Fissione dei nuclei pesanti: bilancio energetico; fondamenti concettuali della teoria di una generica reazione a catena. I neutroni come portatori della catena; classificazione dei reattori a fissione.

Diffusione e rallentamento dei neutroni nei mezzi moltiplicanti: popolazioni neutroniche intrattenute da sorgenti oppure autosostentantesi.

Teoria della criticità delle strutture moltiplicanti: problemi agli autovalori. Equazioni critiche dei reattori omogenei, nudi e riflessi, in diverse approssimazioni.

Cenni ai teoremi fondamentali della fisica dei reattori.

Reattori eterogenei: necessità ed effetti dell'eterogeneità. Cature in risonanza e moltiplicazioni veloci; utilizzazione dei neutroni termici nei reticoli. Sistemi sottocritici iniettati: amplificatori neutronici e amplificatori di energia.

Cinetica delle strutture moltiplicanti: influenza dei neutroni ritardati; equazioni dinamiche in diverse approssimazioni; cenni alle retroazioni di temperatura e di densità del combustibile e del moderatore.

Metodi perturbativi nella statica e nella dinamica: funzione importanza dei neutroni; applicazioni ad uno e due gruppi energetici.

Controllo della reazione a catena: teoria elementare delle barre di controllo; nozioni di base sulla stabilità; implicazioni neutroniche del concetto di sicurezza intrinseca nei reattori a fissione.

TERZA UNITA' DIDATTICA: **ELETTRODINAMICA E FISICA DEI REATTORI A FUSIONE(30%)**

Fondamenti di elettrodinamica classica: equazioni di Maxwell, potenziali elettrodinamici; teoremi di conservazione dell'energia e dell'impulso; emissione e propagazione dell'energia raggaiante.

Metodi di soluzione dell'equazione delle onde.

Orbite di particelle cariche in presenza di campo elettromagnetico esterno.

Fusione dei nuclei leggeri: tipi di reazioni sfruttabili nell'energetica industriale; bilanci energetici e criteri di ignizione.

Concetto di plasma; applicazione dei plasmi. Formulazione delle equazioni di base della magnetofluidodinamica ed esempi applicativi.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni prevedono applicazioni sia di tipo teorico che numerico, da svolgersi anche a gruppi.

Bibliografia

B. Montagnini, Lezioni di fisica del reattore nucleare, Università di Pisa, 1983.

A.F. Henry, Nuclear reactor analysis, MIT Press, Cambridge, USA, 1975.

S.E. Corno, Appunti alle lezioni del corso di Fisica dei Reattori a Fissione e a Fusione.

F.F. Chen, Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum, New York, USA, 1984.

R.J. Goldston, P.H. Rutherford, Introduction to Plasma Physics, IOP Publishing, Bristol, 1995.

R. Pozzoli, Fisica del plasma termonucleare e astrofisico, CLUED, Milano, 1984.

Q2024 FISICA E INGEGNERIA DEI PLASMI (r)

Periodo: 2

Crediti: 5

Docente: Franco PORCELLI (Dipartimento di Energetica)

Presentazione del corso

La Fisica dei Plasmi è un argomento interdisciplinare per eccellenza. Tale materia è alla base di fenomeni a prima vista molto distanti tra di loro, in Astrofisica, nella ionosfera e nello spazio geofisico, e in plasmi di laboratorio. Svariate sono le applicazioni dei plasmi: la tecnologia dei semiconduttori e dei circuiti integrati, il trattamento delle superfici, la produzione di nuovi composti chimici e di nuovi materiali, le torce al plasma per la termodistruzione dei rifiuti tossici, i display a plasma, l'illuminotecnica, la conversione diretta di elettricità mediante processi magnetoidrodinamici, la propulsione spaziale, lo sviluppo di laser compatti a raggi X, lo studio di nuovi possibili acceleratori di particelle, la fusione termonucleare controllata. I plasmi sono gas ionizzati, dove le cariche libere producono campi elettromagnetici i quali a loro volta, agendo a grandi distanze e su tempi anche più brevi dei tempi medi collisionali, influenzano il moto delle cariche stesse. è questo ciò che s'intende per comportamento collettivo del plasma. La Fisica del Plasma nasce quindi come disciplina a cavallo tra l'Elettromagnetismo, la Fluidodinamica, la Fisica Cinetica e Statistica e la Fisica Atomica e Molecolare. I plasmi sono sistemi complessi, altamente turbolenti e non-lineari, ed in quanto tali la loro modellizzazione ha dato stimolo allo sviluppo di tecniche matematiche e di metodi numerici.

Prerequisiti

Fisica generale, Elettromagnetismo

Per il II e il III Modulo: I Modulo

Programma

PRIMA UNITA' DIDATTICA: **CONFINAMENTO MAGNETICO (20%)**

Impegno (ore) lezione ed esercitazione: 10

Orbite e confinamento magnetico

Definizione di plasma (ripasso). Elementi di teoria cinetica (ripasso). Orbite in campo magnetico uniforme. Diffusione collisionale in plasmi magnetizzati. Moti di deriva. Campo magnetico statico non uniforme. Invarianza adiabatica del momento magnetico. Specchi e bottiglie magnetici.

Il Tokamak

Schema di funzionamento. Fisica dei plasmi Tokamak. Derivazione dei parametri fisici caratteristici. Evidenze sperimentali.

SECONDA UNITA' DIDATTICA: **MAGNETOIDRODINAMICA (60%)**

Impegno (ore) lezione ed esercitazione: 30

Modelli fluidi: il modello MHD ideale.

Momenti dell'equazione cinetica. Leggi di conservazione. Limite non collisionale. L'equazione di Vlasov. Il modello CGL. Il modello magnetoidrodinamico (MHD) ideale. Legge di congelamento delle linee di campo. La forza $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$. Onde di Alfvén. Onde acustiche e magnetoacustiche.

Equilibrio e stabilità MHD.

Magnetostatica. Energia cinetica e potenziale di un plasma. Energia delle onde MHD. Il funzionale energia potenziale. Il principio dell'energia. Classificazione delle instabilità.

Il modello MHD resistivo.

Introduzione alle instabilità resistive. Numero di Reynolds magnetico. Perturbazioni singolari. Strati limite. Tecnica del raccordo asintotico per la risoluzioni di equazioni differenziali. Modelli ridotti. Analisi delle piccole perturbazioni. Instabilità resistive; tassi di crescita, celle di convezione, isole magnetiche.

Chaos magnetico

Hamiltoniana per il campo magnetico. Caso integrabile. Perturbazioni risonanti e riconnessione magnetica. Sequenza di biforcazioni del modello MHD resistivo ridotto. Perturbazioni a elicità multipla. Il criterio di Chirikov. Trasporto di particelle in campi magnetici stocastici. Relazione con i dati sperimentali.

TERZA UNITA' DIDATTICA: **ONDE (20%)**

Impegno (ore) lezione ed esercitazione: 10

Onde elettromagnetiche nei plasmi

Il plasma come dielettrico. Limite di plasma freddo. Relazioni di dispersione. Onde in plasmi uniformi magnetizzati. Onde nello spazio. Onde nello spazio. Riscaldamento del plasma mediante onde di ciclotrone elettroniche

Bibliografia

Dispense a cura del docente titolare.

G. Schmidt, Physics of High Temperature Plasmas, 2nd ed., Academic Press, 1979.

J. Freidberg, Ideal MHD, Plenum Press, New York, 1987.

Esame

Orale. Parte del corso è a carattere seminariale; di questa parte, gli studenti porteranno all'esame un argomento a scelta.

Q2030 FISICA MATEMATICA

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Guido RIZZI (Dipartimento di Fisica) |

Presentazione del corso

Argomento del corso: Introduzione alla Relatività Speciale (RS). Concedendo uno spazio relativamente ampio a questioni di carattere metodologico, il corso intende: (a) proporre una visione sintetica, rigorosa e concettualmente semplice di un ampio dominio della Fisica moderna; (b) familiarizzare lo studente con una mentalità, un linguaggio, una metodologia che gli consentano sia di approfondire la propria cultura scientifica, sia di rendere possibile e fruttuosa un'eventuale collaborazione con i fisici, a livello di ricerca.

Argomento ulteriore, facoltativo, da tenersi in ambito seminariale e destinato essenzialmente al dottorato: Introduzione alla Relatività Generale (RG).

Prerequisiti

Nozioni propedeutiche: Analisi Matematica I e II, Fisica I e II, Meccanica Analitica (oppure Meccanica Razionale), Geometria, Complementi di Matematica.

Programma

I MODULO (50%) Impegno (ore): 54

Introduzione matematica.

Vengono anzitutto introdotte le tecniche matematiche adatte allo studio della RS e della RG, con particolare riguardo al calcolo tensoriale in varietà riemanniane curve (alcuni argomenti, specificamente finalizzati alla RG, saranno svolti in sede seminariale nella parte IV).

Spazi e varietà lineari (richiami). Forme lineari. Spazio duale e spazio biduale. Covarianza e controvarianza. Isomorfismo canonico. Forme multilineari ("tensori"). Algebra tensoriale. Spazi vettoriali con prodotto interno; tensore metrico. Identificazione di uno spazio vettoriale (con prodotto interno) col suo duale. Spazio affine. Spazio affine euclideo; spazio strettamente euclideo e spazio pseudoeuclideo (di Minkowski). Cenni sulle varietà riemanniane.

In ambito (prevalentemente) seminariale: Varietà differenziabili. Struttura differenziabile e struttura topologica di una varietà. Paracompattatezza. Spazio tangente e cotangente; forme differenziali. Fibrato tangente e cotangente (cenni). Campi (vettoriali e tensoriali) differenziabili. Commutatore, algebra di Lie e derivata di Lie. Varietà differenziabili a connessione affine. Trasporto parallelo. Connessioni simmetriche e torsione. Geodetiche. Derivazione covariante. Tensore di curvatura. Varietà riemanniane.

Cinematica relativistica.

Si introducono i due principi della RS. La struttura geometrica minkowskiana dello spaziotempo della RS è dedotta in modo univoco da tali principi.

Sistemi inerziali. I due gruppi di invarianza della fisica classica; il riferimento assoluto. Cenni sulle esperienze di Michelson-Morley, di De Sitter e di aberrazione stellare. Difficoltà di interpretazione all'interno del paradigma classico. L'ipotesi dell'etere. L'ipotesi emissiva. Tentativi di soluzione: Lorentz e Einstein. I due principi della RS. La relatività della simultaneità. La trasformazione di Lorentz e le sue conseguenze. Lo spaziotempo minkowskiano della RS. Campi tensoriali e 4-tensoriali nello spaziotempo

minkowskiano. 4-velocità e 4-accelerazione; tempo proprio. Cono di luce. Grafici spaziotemporali; soluzione di alcuni paradossi. Bradioni, fotoni e tachioni. Struttura geometrica e struttura causale dello spaziotempo. Cenni di ottica relativistica (effetto Doppler; esperienza di Fizeau).

II MODULO (20%) Impegno (ore): 16

Dinamica relativistica.

Nel contesto geometrico dello spaziotempo minkowskiano, introdotto nella I parte, viene studiata la meccanica della particella con massa propria variabile. Tale studio viene esteso ai sistemi di particelle e ai continui materiali, anche in presenza di interazioni a distanza (ciò richiede l'introduzione del concetto di "campo di interazione"). Particolare attenzione è rivolta ai teoremi di conservazione.

Istituzione di una meccanica relativistica; legge di moto di una particella. I concetti di impulso, massa, forza, energia. Relazione massa-energia, e sue conseguenze. I concetti di momento angolare e centro di massa in RS. Applicazioni: moto di un elettrone in un campo magnetico costante; orbite descritte sotto l'azione di una forza coulombiana (o newtoniana); effetto Compton; urto elastico tra due elettroni. Proporzionalità tra energia di un fotone e frequenza dell'onda associata.

Cenno su alcuni formalismi alternativi della meccanica relativistica.

III MODULO (30%) Impegno (ore): 22

Elettrodinamica relativistica.

In questa parte - che è di particolare rilievo culturale e richiede allo studente un particolare impegno - si istituisce la teoria di Maxwell-Lorentz in forma covariante nello spaziotempo minkowskiano. La teoria è applicata, in particolare, allo studio dell'irraggiamento elettromagnetico di una carica accelerata. Applicazioni: la radiazione di sincrotrone. La formulazione variazionale delle equazioni dell'elettrodinamica conclude il corso.

Formula di Lorentz in forma covariante. Tensore elettromagnetico. Trasformazione dei vettori di campo. Invarianti del campo elettromagnetico. 4-vettore distribuzione elettrica. Equazioni di Maxwell in forma covariante. Equazione di continuità. 4-potenziale del campo elettromagnetico. Irraggiamento elettromagnetico. Tensore energetico. Teoremi di conservazione; energia, impulso, momento angolare del campo elettromagnetico. Bilancio dell'energia in un volume finito. Tensore degli sforzi maxwelliani; analogie con l'elasticità.

Campo elettromagnetico generato da una carica in moto uniforme. Potenziali elettromagnetici generati da una carica in moto qualsiasi (Lienard-Wiechert). Campo elettromagnetico generato da una carica in moto qualsiasi. Trasporto di energia. Radiazione di sincrotrone: distribuzione angolare della potenza irradiata da una carica in moto; potenza totale irradiata da una carica in moto (Larmor). Irraggiamento di una carica in un campo magnetico costante (cenni). Reazione di radiazione (cenni).

Formulazione variazionale delle equazioni fondamentali dell'elettrodinamica relativistica. Generalizzazioni: condizioni per l'esistenza di una formulazione variazionale; particella in un campo di forza derivabile da un 4-potenziale; estensione relativistica dell'equazione di Schrodinger (Klein-Gordon). Cenno sulla teoria relativistica dell'elettrone a spin (Dirac).

IV MODULO Impegno (ore): 20

Introduzione alla RG.

Questa parte, tenuta in ambito seminariale, è consigliata esclusivamente a studenti di dottorato oppure a studenti particolarmente motivati (e un tantino masochisti), anche in considerazione dell'evidente sproporzione tra il notevole impegno richiesto e l'esiguo riconoscimento in crediti.

Fondamenti matematici della RG.

Varietà differenziabili. Struttura differenziabile e struttura topologica di una varietà. Pa-racompattezza. Spazio tangente e cotangente; forme differen-ziali. Fibrato tangente e co-tangente (cenni). Campi (vettoriali e tensoriali) differenziabili. Commuta-tore, algebra di Lie e derivata di Lie. Varietà differenziabili a connessione affine. Trasporto parallelo. Connessioni simmetriche e torsione. Geodetiche. Derivazione covariante. Tensori di cur-vatura. Va-rietà riemanniane.

Fondamenti fisici della RG.

Principio di equivalenza e principio di covarianza generale. Red-shift gravitazionale e sue conseguenze sulla struttura geometrica dello spaziotempo. Gravitazione e geometria: il modello matematico dello spaziotempo fisico se-condo la RG. Sistemi di riferi-mento in RG. Equazioni gravitazionali einsteiniane, con e senza costante cosmologica. Approssi-mazione newtoniana. Soluzione di Schwarzschild.

Bibliografia

- G. Rizzi, Introduzione alla Relatività Speciale, Politeko, c.Einaudi 55, Torino, 1998
- G. Rizzi, Metodi matematici per la Relatività Generale, Politeko, c.Einaudi 55, Torino
- G. Rizzi, Introduzione alla Relatività Generale, Appunti fotocopiati, Politeko, c.Einaudi 55, Torino
- V. Cantoni, Appunti di Fisica Matematica, Veschi Roma, 1983
- C. Cattaneo, Introduzione alla teoria einsteiniana della gravitazione, Veschi, Roma, 1960
- T. Regge, Relatività, voce dell'Enciclopedia Einaudi

Q2040 FISICA NUCLEARE

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Piero QUARATI (Dipartimento di Fisica) |

Presentazione del corso

Il corso è diviso in 4 moduli.

Programma

I MODULO: FISICA ATOMICA (20%)

Fenomenologia dell'atomo, Spettroscopia.

II MODULO: MECCANICA QUANTISTICA (30%)

Il sistema quantistico, Equazione di Schrodinger, Le osservabili fisiche, Lo spazio delle configurazioni e degli impulsi, Problemi uni e tridimensionali, Forze centrali, Leggi di conservazione in meccanica quantistica.

III MODULO: FISICA DEL NUCLEO (30%)

Fenomenologia del nucleo, Modelli nucleari, Perdita di energia delle particelle cariche, Decadimenti radioattivi, Reazioni nucleari.

IV MODULO: FISICA SUBNUCLEARE (20%)

Forze nucleari, Introduzione alle particelle elementari.

Bibliografia

H Haken, H. Wolf, Fisica atomica e quantistica, Boringhieri.

W. Meyerhof, Elements of nuclear physics, McGraw-Hill (oppure Dunod, francese).

F. Yang, J. Hamilton, Modern Atomic and Nuclear Physics, Mc Graw-Hill.

Esame

Orale. Il primo argomento è scelto dal candidato. La commissione propone altri due argomenti. All'inizio vengono anche sottoposti alcuni esercizi.

Q2775 IMPIANTI NUCLEARI / INGEGNERIA DEI REATTORI NUCLEARI A FUSIONE I (i)

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docenti: | Bruno PANELLA, Roberto ZANINO (Dipartimento di Energetica) (esercitazioni Massimo ZUCCHETTI , laborat. Cristina BERTANI) |

Presentazione del corso

Il corso integrato intende fornire le conoscenze di base dell'ingegneria degli impianti nucleari a fissione e a fusione con particolare riferimento alle centrali per la produzione di energia elettrica.

Esso è costituito da tre moduli didattici: Energia nucleare e centrali nucleari; Sicurezza nucleare e ciclo del combustibile; Ingegneria dei reattori nucleari a fusione.

Nel primo modulo, dopo aver inquadrato il problema della produzione da fonte nucleare nel panorama energetico ed evidenziato le caratteristiche peculiari dei reattori nucleari, vengono descritti i principali tipi di reattori a fissione e giustificate le scelte di impianto e dei materiali usati.

Nel secondo modulo vengono analizzati i metodi di progettazione dei componenti e i problemi di sicurezza, affrontando poi l'argomento relativo al ciclo del combustibile e alla disattivazione degli impianti nucleari.

Nel terzo modulo, dedicato ad una introduzione ai reattori a fusione, dopo aver fornito alcuni elementi di modellazione del plasma, vengono descritti i principi di funzionamento e le caratteristiche dei componenti più importanti di un tokamak.

Il secondo modulo necessita delle conoscenze relative al primo modulo. Il primo e il terzo modulo possono essere svolti indipendentemente.

Programma

I MODULO: ENERGIA NUCLEARE E CENTRALI NUCLEARI (40%)

1.1. L'energia nucleare nel contesto energetico mondiale: risorse, produzione e consumi di energia; impatto ambientale della produzione di energia; potenzialità, problematiche e ruolo futuro della fonte nucleare. Costi di produzione dell'energia elettrica (6 ore)

1.2. Richiami di fisica del reattore; calcoli energetici e consumo di combustibile; reattori termici e autofertilizzanti: confronto con i combustibili fossili (2 ore)

1.3. Scelta dei materiali nei reattori nucleari sulla base delle proprietà nucleari, termofisiche, strutturali, chimiche; scelta del rapporto di moderazione in un reattore termico e stabilità intrinseca; effetto del boro, dell'arricchimento e del diametro della barretta; rateo di fissione; consumo di combustibile e utilizzazione della risorsa uranio; Burnup; bilancio dei materiali; rapporto di conversione e di fertilizzazione; reattori veloci; coefficienti di reattività; stretchout; parametri di prestazione dei noccioli; componenti principali del nocciolo; schermi; recipienti in pressione; layout di una centrale di potenza; classificazione dei reattori nucleari; breve storia dell'energia nucleare (12 ore)

1.4. Reattori a gas grafite: Magnox, AGR, HTGR.; reattori ad acqua pesante: descrizione dei CANDU. (4 ore)

1.5. Reattori ad acqua leggera: caratteristiche principali; proprietà dell'acqua; reattori ad acqua pressurizzata.

descrizione dettagliata del vessel, degli internals, del nocciolo; circuito primario; pompe; valvole, generatori di vapore; pressurizzatore; sistemi di funzionamento normale e di emergenza; contenitore di sicurezza; circuito secondario e condensatore; reattori APWR. (10 ore)

1.6. Reattori ad acqua bollente: caratteristiche principali ed evoluzione della filiera; descrizioni dei componenti principali; controllo di potenza; contenimento; circuiti di sicurezza; reattori ABWR. (4 ore)

II MODULO: SICUREZZA NUCLEARE E CICLO DEL COMBUSTIBILE (30 %)

2.1. Sicurezza degli impianti nucleari: approccio generale; difesa in profondità; ridondanza e diversificazione; classificazione degli incidenti; incidenti base di progetto; incidenti di reattività, di mancato raffreddamento, di perdita di refrigerante; sistema di protezione del reattore; transitorio di grande LOCA nei PWR e nei BWR; criteri di sicurezza, termine di sorgente e diffusione atmosferica; fenomenologia e approccio probabilistico: albero degli eventi e albero dei guasti; concetto di rischio; valutazione probabilistica del rischio: tre livelli di PRA; rapporto Wash 1400; incidenti nucleari: TMI; scala IAEA degli incidenti nucleari; cenni di radioprotezione; prevenzione e mitigazione degli incidenti: sfiato filtrato e progetti innovativi; meccanismi passivi di sicurezza; cenni ai reattori evolutivi, AP600 e SBWR e innovativi, PIUS, ISIS e ADS. (18 ore)

2.2. Metodologia di progettazione, normativa nucleare nel calcolo strutturale dei recipienti in pressione, garanzia della qualità, ingegneria dei circuiti, classi sismiche. (4 ore)

2.3. Ciclo del combustibile nucleare: a monte e a valle del reattore; confronto tra le varie tecniche di arricchimento dell'uranio; riprocessamento, vetrificazione; smaltimento dei rifiuti a alta, media e bassa attività; smantellamento degli impianti; tecniche di decontaminazione. (6 ore)

III MODULO: INGEGNERIA DEI REATTORI NUCLEARI A FUSIONE I (30 %)

3.1 Introduzione: reazioni di fusione nucleare, bilancio energetico, criterio di Lawson, ignizione. (4 ore)

3.2 Descrizione di un plasma: orbite di singola particella, collisioni, equazioni dell'MHD ideale. (6 ore)

3.3 Confinamento magnetico: geometria lineare (specchio); geometria toroidale: il toka-mak. (6 ore)

3.4 Introduzione all'ingegneria dei magneti (4 ore)

3.5 Introduzione all'ingegneria del blanket. (2 ore)

3.6 Riscaldamento del plasma: ohmico e per iniezione di neutri. (2 ore)

3.7 Introduzione alle interazioni plasma-parete: bilancio energetico (rivisitato) e di particelle, carico termico sui componenti affacciati al plasma, impurezze, limiter/divertore. (4 ore)

3.8 Descrizione di alcuni dei principali tokamak esistenti o progettati. Cenni agli stellara-tor. (2 ore)

3.9 Introduzione al confinamento inerziale. (2 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

Calcolo di schermi (10 ore)

Calcoli energetici (2 ore)

Prova sperimentale di determinazione della caratteristica di una pompa centrifuga (2 ore)

Applicazioni di calcolo su temi fusionistici all'interno delle ore indicate.

Visite

Visita alla centrale nucleare 'Enrico Fermi' a Trino Vercellese (una mattina).

Bibliografia

Testi consigliati

Appunti dei docenti.

C. Lombardi, 'Impianti nucleari', CLUP, Milano, 1993.

R.A. Knief, 'Nuclear Engineering', Hemisphere, 1992.

M. Cumo, 'Impianti nucleari', UTET, Torino, 1976.

S. Glasstone, A. Sesonke, 'Nuclear reactor engineering', Van Nostrand, New York, 1981.

J. Weisman, 'Elements of nuclear reactor design', Elsevier, Amsterdam, 1977.

J. Raeder et al., 'Controlled Nuclear Fusion', Wiley, New York, 1986.

T.J. Dolan, 'Fusion Research', Pergamon, New York, 1982.

W.M. Stacey, Jr., 'Fusion', Wiley, New York, 1984.

J. Wesson et al., 'Tokamaks', Clarendon, Oxford, 1987.

Esame

Sugli argomenti del modulo 'Energia nucleare e centrali nucleari' viene svolto un compito di esonero a metà corso; se l'esito è positivo l'esame orale si svolge soltanto sul secondo modulo 'Sicurezza nucleare e ciclo del combustibile'.

Sugli argomenti del modulo 'Ingegneria dei reattori nucleari a fusione I' un compito può sostituire l'esame orale.

Q2772 IMPIANTI NUCLEARI II

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso si propone di fornire elementi per il calcolo e la progettazione di impianti nucleari a fissione e a fusione e per la relativa analisi di sicurezza.

Prerequisiti

Sono nozioni propedeutiche quelle impartite nei corsi di: Fisica dei reattori a fissione + Fisica dei reattori a fusione (integrato), Impianti nucleari + Ingegneria dei reattori nucleari a fusione 1 (integrato), Termofluidodinamica negli impianti nucleari 1.

Programma

Lo studio dei principali transitori di impianto (con riferimento soprattutto a PWR e BWR) prevede l'illustrazione dei modelli di calcolo atti a prevedere l'andamento temporale delle grandezze in gioco, nonché l'analisi funzionale delle principali salvaguardie ingegneristiche preposte alla prevenzione ed eventualmente alla mitigazione degli effetti dell'evento incidentale.

PRIMA UNITA' DIDATTICA (70%)

8 ore: Natura del rischio nucleare. Criteri, metodi e normative per la progettazione ai fini della sicurezza dei principali componenti dell'impianto nucleare, dei sistemi ausiliari, di protezione e di emergenza. Sicurezza intrinseca e sicurezza passiva.

2 ore: Individuazione delle sequenze incidentali critiche e classificazione degli eventi incidentali in classi di sicurezza.

2 ore: Perdita di carico elettrico.

6 ore: Perdita di portata per guasti al sistema di pompaggio primario; modalità di rimozione della potenza attraverso la circolazione naturale.

6 ore: Transitori conseguenti alla riduzione di capacità di asportazione del calore dal nocciolo (perdita di acqua di alimento ai generatori di vapore per impianti a ciclo indiretto e al reattore per gli impianti a ciclo diretto; perdite di vuoto al condensatore, rottura di una linea del vapore, ecc.).

6 ore: Transitori di depressurizzazione. Cenni alla dinamica del pressurizzatore e alle caratteristiche funzionali del sistema di controllo della pressione.

6 ore: Transitori di reattività: analisi dei diversi tipi di transitori e determinazione della massima potenza raggiunta e dell'energia rilasciata. Caratteristiche funzionali dei sistemi di controllo della reattività.

12 ore: Transitori di perdita di refrigerante: modalità di rottura dei componenti (cenni alla meccanica della frattura); valutazione della portata critica in regime monofase e bifase; generazione, propagazione ed attenuazione delle onde di pressione con particolare riferimento alla fase acustica del 'blow-down'; modalità di rimozione del calore nelle fasi di blow-down e di refrigerazione di emergenza; modelli di separazione di fase.

6 ore: forze di reazione e forze di getto. Valutazione dei carichi dinamici applicati alle tubazioni e ai componenti investiti dal getto a seguito di LOCA; criteri e metodi per la predisposizione di adeguate strutture di supporto.

4 ore: Criterio di progetto a fronte dei principali eventi di origine esterna all'impianto (sisma, caduta di aereo, onde di pressione, ecc.).

2 ore: Incidenti severi comportanti la fusione del nocciolo e/o la perdita di integrità fisica del contenimento.

SECONDA UNITA' DIDATTICA (20%)

2 ore: Incidenti severi: sequenze incidentali, fenomeni in-vessel ed ex-vessel; modi di cedimento del sistema di contenimento.

TERZA UNITA' DIDATTICA (10%)

8 ore: la sicurezza nei reattori nucleari a fusione: analisi di transitori incidentali tipici (es. perdita di vuoto, perdite di trizio, perdita di funzionalità del sistema criogenico e del sistema magnetico)

Laboratori e/o esercitazioni

PRIMA UNITA' DIDATTICA

4 ore: Richiami sui tipi di sistemi di contenimento, salvaguardie ingegneristiche e sistemi di protezione con particolare riferimento ai reattori ad acqua leggera.

8 ore: Calcolo di prima approssimazione delle condizioni termofluidodinamiche nei sistemi di contenimento a secco e con piscina di soppressione negli incidenti di LOCA; codici di calcolo CONEMPT e CONEMPT-PS.

SECONDA UNITA' DIDATTICA

3 ore: incidenti severi: sequenze incidentali, fenomeni in-vessel ed ex-vessel; modi di cedimento del sistema di contenimento.

7 ore: Rilascio dei prodotti di fissione dal nocciolo, dall'edificio di contenimento, dispersione nell'ambiente esterno e calcolo delle dosi assorbite dalla popolazione.

10 ore: Analisi di rischio degli impianti nucleari con metodologie probabilistiche (Probabilistic Risk Assessment o PRA): descrizione e finalità dei diversi livelli del PRA, descrizione e esempi applicativi delle metodologie più diffuse per l'esecuzione del PRA (albero degli eventi e albero dei guasti). Analisi dei risultati ottenuti dalle due più conosciute analisi probabilistiche di rischio effettuate su impianti nucleari: il rapporto Rassmussen e il German Risk Study.

Bibliografia

Appunti del Docente.

E.E. Lewis, Nuclear power reactor safety, Wiley, New York, 1977.

N.J. McCormick, Reliability and risk analysis, Academic Press, London, 1981.

J. Wesson, Tokamaks, Clarendon, Oxford, 1987.

Q2934 INGEGNERIA DEI REATTORI NUCLEARI A FUSIONE II (r)

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 5 |
| Docente: | Roberto ZANINO (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Questo corso intende approfondire le conoscenze sviluppate nel corso di Ingegneria dei reattori nucleari a fusione 1, con particolare riferimento al tokamak. L'enfasi è sulle basi fisiche delle soluzioni impiantistiche presentate, e le caratteristiche costruttive e funzionali di alcuni dei principali componenti di un reattore vengono analizzate sviluppando semplici modelli matematici. Molte delle metodologie e delle problematiche trattate in questo corso (ad es., gasdinamica unidimensionale, onde d'urto, metodo delle caratteristiche, elementi di modellazione numerica di un plasma, superconduttività applicata e criogenia) trovano applicazione anche in altri campi dell'ingegneria.

Programma

PRIMA UNITA' DIDATTICA: TERMOFLUIDODINAMICA DEL PLASMA (40%)

Equilibrio di un plasma in un tokamak: derivazione e soluzione perturbativa dell'equazione di Grad-Schlueter-Shafranov [4 ore]. Modello a 2-fluidi di un plasma magnetizzato: equazioni di Braginskii; derivazione qualitativa dei coefficienti di trasporto (conduttività termica, viscosità, etc.) [4 ore]. Cenni al trasporto neoclassico e al trasporto anomalo; analisi statistica degli esperimenti e scaling del tempo di confinamento dell'energia [2 ore].

Gasdinamica 1-D e applicazioni al confinamento inerziale di un plasma, metodo delle caratteristiche, onde d'urto [10 ore].

SECONDA UNITA' DIDATTICA: INTERAZIONI PLASMA-PARETE (40%)

Modelli 1-D per lo scrape-off layer lungo le linee di campo magnetico [3 ore]. Modelli dello sheath elettrostatico, criterio di Bohm [3 ore]. Bilancio di particelle nel tokamak, effetti delle particelle neutre, recycling, edge refueling [4 ore]. Produzione, trasporto, e screening delle impurezze, modelli autoconsistenti regione centrale/bordo, calcolo della potenza irradiata dal plasma [6 ore]. Carichi termici sui componenti affacciati al plasma e confronto limiter/divertore [2 ore]. Modelli 2-D per lo scrape-off layer [2 ore].

TERZA UNITA' DIDATTICA: INGEGNERIA DEI MAGNETI SUPERCONDUTTORI (20%)

Superconduttori a bassa temperatura, elementi di criogenia e tecnologie di fabbricazione del cavo [2 ore]. Stabilità e quench di un magnete superconduttore [2 ore]. Modelli per lo studio di transistori termoidraulici in cavi superconduttori a 2 canali e loro validazione sperimentale [4 ore]. Modelli per l'elio superfluido [2 ore].

Laboratori e/o esercitazioni

Non sono previste esercitazioni.

Bibliografia

Appunti del docente e articoli tratti da riviste scientifiche.

J.A. Wesson [et al.], Tokamaks (Clarendon, Oxford, 1998).

Ya.B. Zel'dovich e Yu.P. Raizer, Elements of gasdynamics and the classical theory of shock waves (Academic Press, New York, 1968).

P.C. Stangeby e G.M. McCracken, Plasma boundary phenomena in tokamaks, Nucl. Fusion 30 (1990) 1225-1379.

M.N. Wilson, Superconducting magnets (University Press, Oxford, 1983).

Esame

Di norma esame orale convenzionale a fine corso. In casi particolari sarà possibile in alternativa sostenere l'esame con lo svolgimento di una tesina.

Q3040 ISTITUZIONI DI ECONOMIA

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Obiettivo del corso, rivolto a studenti di corsi di ingegneria non gestionale, è di fornire una panoramica di base delle caratteristiche e dei problemi dell'economia e della politica economica di un paese avanzato, con un taglio rigoroso nell'impostazione della modellistica ma attento alle problematiche concrete dei sistemi economici. A tal fine ci si concentra sulle tematiche di contabilità nazionale e macroeconomia, mentre le nozioni microeconomiche presentate sono ridotte a quanto indispensabile per un corretta micro-fondazione dei modelli macroeconomici. La parte facoltativa costituisce il logico complemento del corso, in quanto utilizza gli schemi analitici sviluppati per analizzare le principali problematiche dell'economia italiana, il processo di unificazione economico - monetaria europea e le prospettive della moneta unica.

Programma

I MODULO - Ore: 73

- I grandi problemi e i concetti fondamentali dell'Economia Politica, letti attraverso l'analisi del sistema economico italiano. Crescita del prodotto, inflazione, disoccupazione. (6 ore).
- La contabilità nazionale e finanziaria riferita al sistema economico italiano. Il circuito del reddito. Famiglie, imprese, pubblica amministrazione e resto del mondo. PIL e Reddito nazionale. Il finanziamento dell'economia (15 ore).
- Modelli economici, ritardi e aspettative. Equilibrio generale ed equilibrio parziale di mercato. Mercati competitivi e con informazione imperfetta (6 ore).
- I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: la famiglia (consumo e risparmio) nella teoria microeconomica neoclassica e nell'analisi macroeconomica keynesiana. (8 ore).
- I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: l'impresa. Decisioni di produzione e strutture di costo. La teoria neoclassica dei costi e della produzione. Mercati concorrenziali e con informazione imperfetta. Teoria neoclassica e keynesiana dell'investimento. (8 ore).
- I grandi operatori del sistema economico e gli effetti della loro interazione: gli intermediari finanziari e il mercato della moneta. Domanda e offerta di moneta. Teoria neoclassica e teoria keynesiana. (6 ore).
- Equilibrio macroeconomico in Economia Chiusa. Mercato delle merci, della moneta, dei titoli e del lavoro. La sintesi neoclassica della macroeconomia keynesiana. I modelli IS - LM e AS - AD. La politica economica: gli obiettivi e la loro compatibilità. Gli strumenti della politica fiscale e della politica monetaria. Combinazione di politiche economiche. Il Monetarismo e la critica del 'fine tuning' di derivazione keynesiana. Inflazione e disoccupazione: le politiche strutturali (supply-side) (14 ore).
- Equilibrio macroeconomico in Economia Aperta. Relazioni commerciali e finanziarie con l'estero. La bilancia dei Pagamenti.

II MODULO - ore: 22

- L'economia e la politica economica italiana dal '45 ad oggi. La scansione delle varie fasi dello sviluppo economico del paese nel secondo dopoguerra. Nodi di fondo e problemi attuali (10 ore).
- Le tappe della costruzione economica europea. Dal Piano Marshall al trattato di Maastricht. La convergenza italiana verso i parametri dell'Unione Monetaria (5 ore).
- La transizione all'Euro, dal 1999 al 2002. La politica monetaria del mondo dell'Euro. Vantaggi e svantaggi della UEM. I problemi della competitività italiana. (7 ore).

Bibliografia

P. Ravazzi, Il sistema economico, teoria micro e macroeconomica, Roma, La Nuova Italia Scientifica 1993.

Materiale distribuito dal docente durante il corso (fondamentale).

Esame

Alla luce del consistente squilibrio tra i due moduli, a vantaggio di quello obbligatorio (squilibrio inevitabile se si considera la natura estremamente introduttiva dei contenuti) non si prevede un accertamento a metà del corso. Gli appelli saranno comuni agli studenti che intendono sostenere la parte che attribuisce soli 7 crediti e a coloro che intendono sostenere entrambi i moduli.

Q3090 LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Evasio LAVAGNO (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Il Corso si propone di analizzare le metodologie e le procedure di localizzazione di impianti, infrastrutture e sistemi energetici, con particolare attenzione rivolta alle soluzioni tecnologiche di maggior salvaguardia ambientale. La scelta tra soluzioni alternative, a parità di servizi resi, viene impostata sulla base di un approccio di tipo sistemico, che si pone obiettivi di razionalizzazione tecnico-economica ed ambientale. Viene sviluppata una applicazione progettuale con caratteristiche di studio di fattibilità.

Prerequisiti

Fisica Tecnica, Macchine, Energetica e sistemi nucleari.

Programma

1. ELEMENTI DI ECOLOGIA E DI ENERGETICA (10 %)

(gli argomenti segnati con * verranno sviluppati principalmente per gli studenti che non hanno seguito il corso di "Energetica e sistemi nucleari")

1.1 Elementi di ecologia *

Gli ecosistemi.

Gli elementi costitutivi dell'ambiente naturale e i principali cicli materiali nell'ambiente naturale: perturbazioni naturali e antropogeniche.

1.2 Le forme e le trasformazioni dell'energia

Le forme dell'energia.

Le trasformazioni dell'energia: spontanee, reversibili, irreversibili.

Energia, exergia, anergia.

Analisi energetica di processi e sistemi: metodi, modelli e applicazioni.

1.3. Cenni storici e scenari per il futuro*

I contributi delle varie forme primarie al soddisfacimento dei fabbisogni; fonti primarie, risorse, riserve; processi di trasformazione; fabbisogni energetici ed usi finali.

Evoluzione storica dei consumi; descrizione di alcune situazioni nazionali caratteristiche; previsioni e scenari.

La situazione italiana nel contesto europeo. Il PEN e le leggi 9/91 e 10/91.

1.4. L'approccio sistemico all'analisi dei sistemi energetici

I cicli energetici: le fonti primarie e quelle rinnovabili

L'energia nucleare. I combustibili fossili: carbone, olio, gas naturale

I combustibili secondari: i prodotti delle trasformazioni del carbone e della biomassa.

Il ciclo dell'idrogeno.

2. GLI IMPIANTI, I CICLI ED I SISTEMI ENERGETICI. (20 %)

2.1 Impianti e sistemi per la produzione di energia elettrica e di energia termica

I processi di combustione (richiami).

Caldaie, turbine a vapore e a gas, motori alternativi; cicli combinati.

Celle a combustibile.

Impianti nucleari.

Produzione combinata di energia elettrica e termica.

Pompe di calore.

2.2 Schemi di impianto

Descrizione di alcuni schemi particolarmente significativi in merito alle soluzioni tecnologiche adottate per la riduzione dell'impatto e del rischio ambientali.

2.3 Valutazioni qualitative e quantitative dei rilasci di esercizio e dei rilasci incidentali

Tecniche di controllo e riduzione delle emissioni.

2.4 La prevenzione del rischio.

2.5 Le infrastrutture necessarie per la gestione dei cicli energetici

Il vettoriamento dell'energia e le reti energetiche.

Le interconnessioni sovranazionali.

2.6 Il ciclo completo del combustibile e l'impatto ambientale complessivo

3. IL CONTASTO NORMATIVO IN MERITO AI PROCESSI DI LOCALIZZAZIONE DEI SISTEMI ENERGETICI E AGLI STANDARDS AMBIENTALI (10%)

3.1 Norme e procedure della legislazione nazionale ed internazionale

Gli standards di qualità ambientale .

Normativa USA,U.E ed italiana

3.2 Analisi critica di alcuni casi rilevanti di processi localizzativi

Le localizzazioni di impianti elettronucleari.

4. ANALISI DI IMPIANTI E SISTEMI ENERGETICI(20%)

4.1 Definizione dei parametri di valutazione

In termini di validità: tecnologica energetica, socio-economica, territoriale, ambientale.

Le analisi costi/benefici.

4.2 Criteri e metodi per la valutazione delle alternative

La modellazione dei sistemi energetici: modelli integrali e modelli per la valutazione delle alternative di localizzazione.

Le procedure per la scelta e la qualificazione dei siti: l'esperienza nucleare.

4.3 Energia e aree urbane

La pianificazione energetica territoriale.

Le aree urbane .La zonizzazione territoriale.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni e le attività del Laboratorio Didattico (LAME - Laboratorio di Analisi e Modelli Energetici) consistono nello sviluppo di casi concernenti diversi sistemi energetici, produttivi e/o territoriali. Verrà sviluppata una applicazione a livello di studio di fattibilità.

Bibliografia

Verrà messo a disposizione materiale di documentazione e verranno forniti riferimenti bibliografici.

Esame

Il colloquio di esame comprende la discussione degli elaborati di esercitazione e Laboratorio.

Q3110 MACCHINE

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Paolo CAMPANARO (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Nel corso sono esposti i principi termodinamici e fluidodinamici necessari ad una corretta comprensione del funzionamento delle turbomacchine a fluido. Di queste viene poi sviluppata l'analisi del funzionamento nei tipi di più comune impiego, con l'approfondimento richiesto dall'obiettivo di far diventare l'allievo nella sua futura attività professionale un accorto utilizzatore, sia nella scelta delle macchine stesse sia nel loro esercizio. A questo scopo vengono esaminati problemi di scelta, di installazione, di regolazione, sia in sede di lezione sia in sede di esercitazione, dove vengono esemplificate le necessarie calcolazioni. Il corso è costituito da quattro moduli

Prerequisiti

Sono nozioni propedeutiche essenziali quelle presenti nel corso di Termodinamica Applicata e, in parte, nel corso di Meccanica Applicata alle Macchine.

Programma

1. TERMOFLUIDODINAMICA (20%)

Considerazioni generali sulle macchine a fluido motrici ed operatrici. Classificazioni. Principio della Termodinamica in sistemi chiusi e aperti. Fluidodinamica nelle macchine. Effusori e diffusori, geometria dei condotti. [10+8 ore]

2. TURBINE A VAPOR D'ACQUA (30%)

Cicli e schemi di impianti a vapore d'acqua; mezzi per migliorare il rendimento dell'impianto. Cicli rigenerativi. Impianti a vapore con produzione combinata di energia meccanica e termica. [8+5 ore]

Turbine. Triangoli di velocità. Stadi ad azione e a reazione, portate, potenze, funzionamento in condizione di progetto. Turbine assiali e radiali. Dimensionamento. Funzionamento fuori progetto della turbina. Regolazione degli impianti a vapore. La condensazione. [12+8 ore]

3. TURBOMACCHINE A GAS (30%)

Turbocompressori di gas; classificazione, funzionamento. Generalità sui turbocompressori. Similitudine di funzionamento. Caratteristica adimensionata di un turbocompressore. La regolazione dei turbocompressori. [10+4 ore]

Turbine a gas; considerazioni termodinamiche sul ciclo, ciclo ideale e ciclo reale. Funzionamento in condizione di massimo lavoro e di massimo rendimento. Prestazioni, mezzi per migliorare il rendimento dell'impianto. Organizzazione meccanica dell'impianto, schema monoalbero e bialbero, funzionamento e regolazione degli impianti. Ciclo con aria e ciclo con elio: analisi comparata delle due soluzioni. I cicli combinati. [13+4 ore]

4. TURBOMACCHINE IDRAULICHE (20%)

Turbine idrauliche: le turbine Pelton, le turbine Francis, le turbine Kaplan, loro funzionamento. Le condizioni di massimo rendimento. La regolazione delle turbine idrauliche. [7+3 ore]

Le turbopompe: prestazioni, funzionamento, regolazione. Caratteristica della turbopompa. La cavitazione nelle turbopompe. Le pompe-turbine. [5+3 ore]

Laboratori e/o esercitazioni

Il corso delle esercitazioni prevede specifiche applicazioni di calcolo sulle turbomacchine trattate a lezione. Tali applicazioni consentono di preparare l'allievo al superamento della prova scritta d'esame.

Bibliografia

Appunti delle lezioni e delle esercitazioni sono messi a disposizione degli allievi.
Giuseppe Cantore 'Macchine' Progetto Leonardo 1996 ed. Esculapio (Bologna)
Giovanni Lozza 'Turbine a gas e cicli combinati' Progetto Leonardo 1996 ed Esculapio (Bologna)

Esame

L'esame consiste nel superamento di una prova scritta e di una prova orale. La prova scritta serve a valutare la capacità dell'allievo a risolvere problemi applicativi sulle turbomacchine. La prova scritta e la prova orale sono svolte all'interno dello stesso appello d'esame.

Q3210 MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

| | |
|----------|------------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Giovanni JACAZIO |

Presentazione del corso

Il corso consiste in una presentazione iniziale delle proprietà fondamentali della meccanica dei corpi rigidi, seguita da una trattazione di tutti gli aspetti principali della trasmissione della potenza meccanica da un elemento generatore della potenza ad un elemento utilizzatore della stessa. In questa trattazione vengono descritti i componenti impiegati nella trasmissione della potenza e vengono esaminati i principali aspetti dinamici ad essa collegati, quali vibrazioni meccaniche e regolazione.

Programma

Principali generali di meccanica. (30%)

Moto di un corpo puntiforme e di un corpo rigido rispetto a sistemi fissi e mobili di coordinate. Proprietà di inerzia dei corpi rigidi. Forze di massa e di superficie agenti sui corpi. Vincoli, reazioni vincolari, gradi di libertà, equazioni di equilibrio statico dei corpi rigidi. Quantità di moto e momento della quantità di moto. Lavoro ed energia. Equazioni di equilibrio della dinamica. Urto fra corpi rigidi.

La trasmissione del moto. (45%)

Giunti: giunto di Cardano, giunto di Oldham, giunti omocineticici.

Flessibili: argani di sollevamento, trasmissioni a cinghie, trasmissioni con catene.

Ingranaggi: caratteristiche generali delle ruote dentate, ingranaggi cilindrici, ingranaggi conici, ingranaggi ad assi sghembi.

Rotismi: rotismi ordinari ed epicicloidali; riduttori, differenziale, riduttori armonici.

Viti: trasmissioni a vite/madrevite, viti differenziali e multiple, viti a circolazione di sfere.

Meccanismi articolati: procedimento generale per il calcolo cinematico dei meccanismi articolati; manovellismo, quadrilatero articolato, meccanismo a braccio oscillante.

Freni ed arresti: freni a fluido, freni ad attrito (a tamburo, a dischi, a nastro), dissipazione dell'energia cinetica in un freno, arresti meccanici.

Innesti: innesti a denti, frizioni a dischi, frizioni coniche, frizioni a forza centrifuga, ruote libere.

Trasmissioni a fluido: trasmissioni idrostatiche, giunti idraulici, convertitori di coppia.

Cuscinetti: cuscinetti a rotolamento, cuscinetti portanti e di spinta con lubrificazione idrodinamica, cuscinetti con lubrificazione idrostatica.

Vibrazioni meccaniche. (15%)

Metodologie di studio delle vibrazioni meccaniche. Risposta impulsiva e ad una eccitazione sinusoidale di sistemi a uno e a molti gradi di libertà, modi di vibrazione, battimenti, trasmissibilità ed isolamento delle vibrazioni. Vibrazioni di sistemi a parametri distribuiti: vibrazioni flessionali e torsionali degli alberi, velocità critiche degli alberi. Vibrazioni di sistemi non lineari: oscillazioni autoeccitate.

Servomeccanismi. (10%)

Principi fondamentali di regolazione applicata ai sistemi meccanici: tipi di sistemi, risposta a comandi a gradino e a rampa, risposta in frequenza. Studio di stabilità: criteri di Routh e Nyquist. Servomeccanismi elettromeccanici, servomeccanismi idromeccanici, servomeccanismi elettroidraulici.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni consistono nella presentazione e risoluzione di problemi di meccanica relativi agli argomenti svolti a lezione.

Bibliografia

G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

G. Jacazio, B. Piombo, *Esercizi di meccanica applicata alle macchine*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

Esame

L'esame è costituito da una prova scritta, della durata di 4 ore, consistente nella risoluzione di quattro problemi sulle diverse parti del corso.

Q3390 MECCANICA STATISTICA

| | |
|--------------------------|----------------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Mario RASETTI |

Presentazione del corso

Il corso si articola in lezioni ed esercitazioni. Obiettivo principale del corso è di fornire nella prima parte gli elementi metodologici ed i riferimenti di legame interdisciplinare necessari per costruire i fondamenti concettuali della meccanica statistica. L'idea è di mettere in grado lo studente di comprendere e giungere a gestire in maniera autonoma il passaggio concettuale fra i sistemi dinamici non lineari (caos deterministico) e la meccanica statistica e fra quest'ultima e la termodinamica. Il risultato formativo principale dovrebbe dunque essere quello di mettere in grado lo studente che si occuperà di sistemi termodinamici di comprenderne i meccanismi dinamici a partire da principi primi. L'obiettivo principale della seconda parte del corso è invece di fornire i fondamenti concettuali e gli strumenti applicativi principali della meccanica statistica vera e propria e, tramite quest'ultima, della termodinamica. Il risultato formativo primario dovrebbe essere quello di preparare lo studente che si occuperà di sistemi termodinamici a gestirne in modo autonomo la modellizzazione a partire da principi primi indipendentemente dal contesto fenomenologico.

Il docente riceve gli studenti per discussioni, approfondimenti e chiarimenti un pomeriggio alla settimana per tutta la durata del corso.

Prerequisiti

Fisica generale: principi di Meccanica, Elettromagnetismo, Termodinamica, Matematica: principi di Analisi, Teoria delle Equazioni Differenziali, Geometria Differenziale, Calcolo delle Probabilità

Programma

Richiami di meccanica analitica nella formulazione newtoniana, lagrangiana e hamiltoniana;

Teoria dei sistemi dinamici: concetto di integrabilità, rappresentazione di Poincaré, tori invarianti;

Sistemi dinamici non integrabili: non linearità e caos deterministico, caratterizzazione del caos (entropia di Kolmogorov, esponenti di Lyapunov, attrattori strani, teorema di Sarkovskiy);

Misure invarianti nello spazio delle fasi: teorema di Liouville, scomponibilità, ergodicità, mixing;

Fondazione della meccanica statistica: la nozione di ensemble;

Misure invarianti, equilibrio e gli ensemble di Gibbs: microcanonico, canonico, gran canonico;

Entropia (di Boltzmann, di Shannon, di Kolmogorov) e connessione con la termodinamica;

Equazioni di stato: il caso del gas perfetto;

Il gas interagente: statistica classica e statistiche quantistiche; Equipartizione;

Equazione di stato per il gas interagente: il metodo di Mayer, il campo medio: l'equazione di Van der Waals, il metodo del gas reticolare (modello di Ising);

Coesistenza e transizioni di fase;

Applicazioni: sistemi magnetici, reti neurali, solidi.

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni in aula (teoriche: complementi ed esercizi) a cura del docente, integrate nel corso.

Bibliografia

- M. Rasetti, *Modern Methods in Equilibrium Statistical Mechanics*, World Scientific Publ. Co., 1986
- Robert L. Devaney, *An Introduction to Chaotic Dynamical Systems*, Addison-Wesley Publ. Co., 1989
- Anatole Katok and Boris Hasselblatt, *Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems*,
Encyclopedia of Mathematics and its Applications, Gian-Carlo Rota ed., vol. 54, Cambridge University Press, 1997
- Clark Robinson, *Dynamical Systems (Stability, Symbolic Dynamics and Chaos)*, CRC Press, 1995
- J. R. Waldram, *The Theory of Thermodynamics*, Cambridge University Press, 1985
- R. Bowley and M. Sánchez, *Introductory Statistical Mechanics*, Oxford University Press, 1996
- W. G. V. Rosser, *Introduction to Statistical Physics*, Ellis Horwood, 1982
- F. Mandl, *Statistical Physics*, J. Wiley & Sons, 1988

Esame

Esame orale

Q3470 METODI MATEMATICI PER I REATTORI NUCLEARI

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Scopo del corso è di fornire gli approfondimenti indispensabili per la preparazione di un laureato in Ingegneria che debba fare uso di tecniche numeriche e di simulazione avanzate. Il corso si propone di fornire una preparazione sull'argomento di tipo sia teorico che pratico. Una parte consistente del corso è dedicata allo sviluppo di programmi di calcolo e all'uso di software applicativo.

Lo scopo principale del primo modulo è di fornire alcuni strumenti generali della fisica computazionale, illustrandone alcune applicazioni tipiche. Il secondo modulo approfondisce alcune moderne tecniche di simulazione basate sull'uso di particelle computazionali. Il corso fornisce gli strumenti necessari a modellizzare un sistema fisico per mezzo di particelle e ad implementare tale modello in un sistema di calcolo efficiente. Durante il corso verranno utilizzati esempi pratici e programmi al computer relativi alla simulazione di plasmi; ma verrà anche sviluppata anche l'applicazione dei metodi alle particelle ad altri campi della ingegneria e della fisica.

Programma

METODI DELLA FISICA COMPUTAZIONALE (60%)

Tecniche numeriche per la soluzione di equazioni alle derivate parziali [25ore]

Metodi alle differenze finite

Analisi di consistenza, accuratezza, stabilità ed efficienza

Rappresentazione discretizzata degli operatori differenziali

Problemi ellittici, parabolici e iperbolici

Problemi non lineari

Tecniche variazionali

Griglie adattative

Applicazioni dell'analisi spettrale [15ore]

Relazione tra trasformata di Fourier e trasformata discreta; campionamento e aliasing

Fast Fourier Transform e sue applicazioni

Analisi spettrale basata sulle wavelet

Discrete Wavelet Transform e sue applicazioni

Metodi di simulazione nella fluidodinamica dei gas debolmente ionizzati [20ore]

Modelli fisico-matematici per la modellizzazione dei gas ionizzati

Tecniche numeriche per la soluzione di equazioni fluidodinamiche in regime stazionario e nei transitori

Simulazione numerica di dispositivi per le applicazioni tecnologiche dei plasmi.

METODI DI SIMULAZIONE ALLE PARTICELLE (40%)

Introduzione [6ore]

Accoppiamento di sistemi di particelle interagenti

Schemi PP, PM, PPPM, uso di superparticelle computazionali nella simulazione di sistemi costituiti da molte particelle

Metodi di simulazione Particle-in-Cell

Derivazione euristica e derivazione rigorosa del metodo PIC per sistemi non collisionali

Funzioni di forma e di assegnazione

Soluzione delle equazioni del moto in presenza di campi elettromagnetici

Problemi pluridimensionali, soluzione delle equazioni di campo, metodi di soluzione di problemi lineari basati sugli spazi di Krylov.

Analisi della stabilità.

Metodi statistici per sistemi collisionali.

Metodi di Molecular Dynamics

Formulazione di metodi alle particelle per sistemi fortemente accoppiati.

Soluzione di equazioni differenziali ordinarie, liste di celle e particelle per ottimizzare i calcoli di forza.

Applicazione a liquidi con particelle polari, fluidi elettroreologici.

Laboratori e/o esercitazioni

Nelle esercitazioni viene introdotto l'ambiente di programmazione MATLAB e sono sviluppati dei programmi di calcolo relativi agli argomenti trattati a lezione.

Bibliografia

W. Press, S. Teukolsky, W. Vetterling, B. Flannery, Numerical Recipes, Cambridge University Press, New York, 1994.

J. Penny, G. Lindfield, Numerical Methods Using Matlab, Ellis Horwood, 1995.

J.H. Ferziger, M. Peric, Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, Berlino, 1996.

Daubochies, Ten Lectures on Wavelets, SIAM, Washington, 1992.

R.W. Hockney, J.W. Eastwood, Computer Simulation Using Particles, Adam Hilger, Bristol, 1988.

R. Frenkel, A. Smit, Molecular Dynamics Simulation, Academic, San Diego, 1997.

Esame

Per sostenere l'esame occorre consegnare una relazione relativa ai programmi di calcolo sviluppati nelle esercitazioni. L'esame prevede una prova scritta di tipo teorico, seguita da un colloquio orale, in cui viene discussa la prova scritta e la relazione.

Q8390 MISURE E STRUMENTAZIONE NUCLEARI

| | |
|----------|------------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Aldo PASQUARELLI |

Presentazione del corso

L'insegnamento intende fornire specifiche conoscenze teoriche e sperimentali sia nel campo delle misure e della strumentazione in campo nucleare che nel campo più generale delle misurazioni di grandezze fisiche in campo industriale. Vengono quindi spiegati gli effetti fisici che conducono alla costruzione di un sensore. Vengono pure descritti gli apparati elettronici di amplificazione e linearizzazione del segnale proveniente da un sensore, sia i metodi di misura del segnale stesso. Vengono descritte le principali applicazioni dei sensori.

Prerequisiti

Lo studente deve aver seguito i corsi di fisica ed almeno un corso di elettronica.

Programma

Il I modulo contiene la sola parte teorica, il II modulo contiene la parte sperimentale. Il II modulo va quindi sempre preceduto dal I modulo mentre il I modulo può essere considerato una unità completa.

I MODULO (50%)

Parte teorica del corso:

definizione di sensore; definizione di trasduttore;
misure di tempo: oscillatore al quarzo, oscillatore CMOS; contatore digitale; misuratore del periodo; misuratore della frequenza; moltiplicatore di frequenza; discriminatore di frequenza;
sensori di temperatura; resistenze al platino; termocoppia (effetto Seebeck, costituzione di una termocoppia, compensazione di giunto freddo, linearizzazione, amplificazione), vari tipi di termocoppia; sensori di temperatura a stato solido; sensori di temperatura al quarzo; cenni di pirometria;
termistori; descrizione del comportamento sia a pendenza negativa che a pendenza positiva; funzionamento in regime di autoriscaldamento; schema di anemometro a termistore caldo; funzionamento di un ponte anemometrico con compensazione per la temperatura del fluido in cui è immerso;
sensori di umidità; descrizione dei sensori capacitivi, sistema di misura e linearizzazione; descrizione dei sistemi resistivi, sistema di misura e linearizzazione;
estensimetro; analisi della variazione di resistenza in funzione della deformazione meccanica; vari tipi di trasduttori costruiti con ponti estensimetrici: cella di carico, accelerometro, trasduttore di pressione;
accelerometro capacitivo monolitico; descrizione del principio di funzionamento, ponte di misura e taratura;
trasduttori di pressione: trasduttori monolitici, trasduttori a ponte serigrafato;
trasduttori di spostamento: trasduttori potenziometrici, trasformatore differenziale;
encoder ottici sia per misure d'angolo che per misure lineari (riga ottica);
trasduttori ad effetto Hall ed applicazioni;
convertitore raggi X 'luce; esposimetro automatico per raggi X;

II MODULO (50%):

Parte sperimentale del corso

Acquisizione dati con PC e programma National.

Misure con encoder angolari.

Misure con LVDT:calibrazione.

Misure con sensore di pressione Motorola.

Misure con sensore di spostamento con potenziometrico.

Misure di temperatura con termocoppia.

Misure di temperatura assoluta con circuito National LM335.

Misure di portata con anemometro a termistore caldo.

Misure con celle di carico:taratura.

Misure del numero di giri di un albero motore.

Misure di frequenza .

Analisi del circuito di moltiplicazione di frequenza.

Analisi del circuito di divisione di frequenza.

Taratura di un igrometro.

Q4240 PROGETTI E COSTRUZIONI NUCLEARI

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso si articola nei tre moduli seguenti:

- 1) Richiami di Scienza delle Costruzioni - 30%;
- 2) Strutture e componenti con stato di tensione bidimensionale - 50%;
- 3) Normative per il calcolo di costruzioni meccaniche - 20%.

Il corso ha l'obiettivo di riprendere e approfondire argomenti della Scienza delle Costruzioni con parti-colare riferimento a quelli che costituiscono il fondamento della progettazione di costruzioni meccaniche (strutture, impianti e recipienti in pressione). In esso vengono ricavate le relazioni teoriche di base che regolano lo stato di sollecitazione nelle costruzioni suddette.

Vengono inoltre presentate le normative piu' importanti del settore specifico e vengono anche illustrate con riferimento a casi pratici le modalit  di applicazione delle stesse.

Il corso si propone in definitiva di fornire agli allievi le metodologie e le informazioni di base necessarie per la progettazione e la realizzazione delle costruzioni meccaniche sopra specificate.

Prerequisiti

Scienza delle Costruzioni

Programma

Stato di tensione in un corpo. Direzioni e tensioni principali. (6 ore)

Ipotesi di rottura. Tensione equivalente. (6 ore)

Trave curva e spessa. (2 ore)

Piastre rettangolari inflesse. (8 ore)

Piastre circolari. (4 ore)

Gusci spessi. (4 ore)

Membrane. Volte sottili. (4 ore)

Involucri cilindrici, sferici; fondi ellittici. (6 ore)

Normativa VSR - Applicazione pratica. (4 ore)

Normative UNI 10011 e 7670 - Applicazioni. (8 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

La prima parte delle esercitazioni consiste nello svolgimento in aula di esercizi riguardanti gli argomenti trattati a lezione.

La seconda parte delle esercitazioni comprende lo svolgimento di calcoli di verifica di strutture pi  complesse.

Esercizi di ripasso di Scienza delle Costruzioni. (4 ore)

Cerchi di Mohr. Tensioni principali. Ipotesi di rottura. Esercizi. (4 ore)

Tensioni tangenziali nelle travi inflesse. Calcolo curve isostatiche. Esercizi. (4 ore)

Travi curve. Esercizi. (4 ore)

- Calcoli di verifica di gru monorotaia per denuncia ISPESL. (8 ore)
- Calcoli di verifica di giunzioni saldate. Esercizi. (6 ore)
- Piastre circolari. Esercizi. (6 ore)
- Calcoli di verifica di un condensatore. (8 ore)

Bibliografia

- Timoshenko, 'Theory of shells and plates'
- Appunti Docente
- Normative UNI - VSR

Esame

Prova orale.

Q4410 PROTEZIONE E SICUREZZA NEGLI IMPIANTI NUCLEARI

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

La protezionistica e l'analisi di sicurezza sono nate con il nucleare, e nel nucleare hanno trovato il campo di applicazione più avanzato fra i vari settori della tecnica.

Il corso è incentrato sull'insegnamento delle nozioni di radioprotezione ed i principi di sicurezza usati in campo nucleare; scopo finale è fornire all'ingegnere nucleare gli strumenti di analisi e di decisione a lui indispensabili nel campo più delicato della sua professione, ovvero quello dell'analista di sicurezza e di impatto ambientale. I recenti sviluppi nello scenario d'utilizzo del nucleare, in Italia e nel mondo, pongono questi aspetti in primo piano e ne rendono necessario l'approfondimento.

Il corso si articola in tre moduli, di cui uno di carattere generale e due di carattere applicativo. Oltre all'applicazione più classica (fissione) viene dato spazio sia all'analisi più innovativa riguardante la fusione nucleare, sia alle applicazioni al di fuori dell'energetica (utilizzo di radiazioni in campo industriale e me-dico).

Viene particolarmente posta l'attenzione al confronto critico con i rischi e le normative di sicurezza degli altri settori della tecnica, allo scopo di mettere in grado l'ingegnere nucleare di estendere ad altri campi i criteri protezionistici avanzati propri del nucleare.

Prerequisiti

Nozioni generali di fisica nucleare, di fisica del reattore nucleare e di impianti nucleari.

Programma

1. NOZIONI FONDAMENTALI (30%)

- Il concetto e la misura del rischio. Quadro globale dei rischi della vita comune e delle attività civili e industriali. Rischi d'azione e di carenza, immediati e ritardati. Legami fra i rischi e l'impatto ambientale.
- Trasferimento d'energia dalla radiazione alla materia. Grandezze dosimetriche, relazione fluenza-dose. Valutazione dell'esposizione interna all'organismo.
- Effetti biologici e sanitari delle radiazioni ionizzanti. Equivalente di dose. Relazione dose-effetto. Esposizione di una popolazione. Posizione delle radiazioni ionizzanti nel quadro generale degli agenti genotossici.
- Fondo naturale ed ambientale di radiazione. Sorgenti industriali, mediche e miscelanee.
- Criteri generali della radioprotezione. I tre principi (giustificazione, ottimizzazione, dose individuale).
- Normativa internazionale nel campo della protezione dalle radiazioni. Le Raccomandazioni ICRP del 1990 ed i BSS (Basic Safety Standards). Confronto con le normative di sicurezza e protezione in altri campi.
- Normativa nazionale: Il D.L. n.230/1995: analisi e confronto con il DPR n.185/64. Decreti applicativi. Limiti derivati (concentrazioni permissibili e limiti d'assunzione). Livelli di riferimento e stati di emergenza.

2 - ANALISI DI SICUREZZA IN IMPIANTI NUCLEARI A FISSIONE E FUSIONE (30%)

- Sicurezza nei reattori a fissione nucleare. Metodologie per l'analisi di sicurezza (approccio probabilistico e deterministico).
- Scelta del sito e licencing di un impianto nucleare. Il Rapporto Preliminare di Sicurezza (RPS).
- Analisi di impatto ambientale di un reattore nucleare a fissione, basato sul RPS del Progetto Unificato Nucleare. Caratteristiche del sito di riferimento. Descrizione generale dell'impianto. Criteri generali di progetto. Metodologia per il calcolo dei termini di sorgente e delle dosi al gruppo critico. Impatto radiologico in normale esercizio. Analisi d'incidente in condizioni d'impianto 2 e 3. Analisi d'incidente in condizioni d'impianto 4 (incidenti base di progetto), a partire dall'evento iniziatore fino alle dosi al gruppo critico.
- Il rischio dell'elettroproduzione nucleare in confronto a quello degli altri mezzi di trasformazione d'energia e nel quadro generale dei rischi.
- Analisi di impatto ambientale di un reattore nucleare a fusione .Il progetto ITER confrontato con la fissione. Caratteristiche d'impianto.Eventi incidentali.Rilasci da trizio e prodotti attivati.Metodologie per la riduzione dell'impatto.Il progetto Ignitor. Il progetto SEAFP.
- Storia degli incidenti veri o presunti in campo nucleare.Scale internazionali di classificazione degli incidenti nucleari.Gli incidenti di Windscale e Three-Mile Island. L'incidente di Chernobyl: dinamica dell'incidente,analisi delle conseguenze locali e globali,la 'risposta italiana' le lezioni apprese.
- Scorie nucleari. Trattamento, classificazione e gestione finale delle scorie radioattive.Confronto fissione-fusione. Il problema della proliferazione, le Salvaguardie (Safeguards).

3 - PROBLEMI DI RADIOPROTEZIONE IN CAMPO NON ENERGETICO(40%)

- Le sorgenti di radiazioni ionizzanti.Elementi radioattivi e apparecchi per la produzione di raggi X.Rilevazione e misura delle radiazioni ionizzanti.Dosimetria individuale.
- Pratiche e lavorazioni che utilizzano radiazioni ionizzanti:applicazioni industriali.
- Applicazioni sanitarie delle radiazioni ionizzanti:radiodiagnostica e radioterapia.
- Problemi di radioprotezione legati all'utilizzo di sorgenti radioattive in campo industriale e medico.
- Elementi di progettazione dei rifugi NBC(nucleare,batteriologico,chimico).
- La figura dell'esperto qualificato.L'esame per l'iscrizione all'elenco nazionale degli esperti qualificati per la sorveglianza fisica della radioprotezione e gli sbocchi professionali.
- Gli incidenti nucleari in campo non energetico

Laboratori e/o esercitazioni

Il programma indicato è comune a lezioni ed esercitazioni; queste ultime riguarderanno gli aspetti più applicativi. L'attività di laboratorio prevede l'utilizzo di strumenti informatici (codici GENII e Microshield, ipertesti su Chernobyl e sulla fusione) presso il LASC (Laboratorio per l'Analisi di Sicurezza dei Sistemi Complessi) del Dipartimento di Energetica.

All'interno del corso è prevista una visita di istruzione presso i laboratori del Centro di Radioprotezione della FIAT SepIn di Torino, e presso il Centro ENEA di Saluggia.

Bibliografia

Appunti delle lezioni forniti dal docente.

C. Polvani, Elementi di radioprotezione, ENEA, Roma, 1987.
C. Lombardi, Impianti Nucleari, Ed. Città Studi, 5a Ed. 1993, cap. 9.
V. Stancari, Guida alla Sorveglianza medica della radioprotezione, Patron, Bologna, 1980.
Raccomandazioni ICRP 1990, IAEA Bulletin, 36 (1994) 2-11.
Decreto Legislativo n.230, Suppl. Ord. G. Uff. n.136 del 13.6.95.
ENEL, Progetto Unificato Nucleare, Progetto di Massima: Rapporto Preliminare di Sicurezza. Vol. 1-3, luglio 1982.

Esame

L'esame è esclusivamente orale e prevede l'approfondimento di alcuni temi fra quelli in programma. Non è prevista l'elaborazione di relazioni o altro materiale scritto.

Q4434 RADIOATTIVITÀ (r)

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 5 |
| Docente: | Bruno MINETTI (Dipartimento di Fisica) |

Presentazione del corso

Il corso è articolato in due moduli, 'Trattamento dei Dati Sperimentali' e 'Laboratorio di Fisica Nucleare'.

Il primo modulo si propone di approfondire le nozioni di base sulle metodologie di misura utilizzate nel campo della Ingegneria Nucleare, con particolare riferimento alle metodologie utilizzate per progettare e realizzare esperimenti.

Il programma è finalizzato alla progettazione e realizzazione di esperimenti relativi ad applicazioni specifiche quali ad es. misura di radioattività ambientale, misura di inquinamento radioattivo di falde acquifere, ecc.

Al termine lo studente dovrebbe aver acquisito una cultura di base sulla progettazione di esperimenti e sul trattamento dei dati sperimentali.

Il secondo modulo, di laboratorio, si propone di approfondire le nozioni di base sulla Fisica Nucleare Sperimentale utilizzando in particolar modo le nozioni presentate nel primo modulo (Trattamento dei Dati Sperimentali)

Al termine del corso lo studente dovrebbe aver acquisito una cultura di base sui metodi di misura di particelle nucleari.

Prerequisiti

Calcolo differenziale e integrale ed equazioni differenziali. Fisica generale I e II. Fisica Nucleare

Programma

TRATTAMENTO DEI DATI SPERIMENTALI

Fondamenti del calcolo delle probabilità (2 ore).

Definizione di probabilità. Definizione di eventi compatibili e incompatibili. Probabilità di AND e OR di eventi. Probabilità condizionata

Variabili aleatorie (5 ore)

densità di probabilità Funzione di distribuzione. Valor medio, varianza, momenti di ordine superiore. Funzione caratteristica.

Distribuzioni particolari (6 ore)

Distribuzione di Poisson. Somma e differenza di distribuzioni di Poisson. Distribuzione Binomiale. Distribuzione di Gauss. Sovrapposizione di distribuzioni Gaussiane. Distribuzione degli intervalli.

Sistemi di variabili aleatorie (5 ore).

Funzioni di variabili aleatorie in due e tre dimensioni. Somma e rapporto di variabili aleatorie

Criteria di conformità (4 ore)

Verifica di ipotesi. Test di ipotesi, caso generale con due ipotesi alternative.

Stima di parametri (6 ore)

Stima esplicita e implicita di parametri. Stima di parametri vincolati. Metodo della massima verosimiglianza. metodo dei minimi quadrati.

Intervalli di confidenza (4 ore)

Trattazione approssimata nel caso di distribuzioni Gaussiane. Caso generale e stima di un parametro. Stima della probabilità dalla frequenza. Caso di n prove ripetute.

Metodi di simulazione applicati alla progettazione di esperimenti, in special modo nell'ambito della Fisica e Ingegneria Nucleare (8 ore)

Generalità sui metodi Montecarlo e loro utilizzo in fase di progetto di una misura. Metodi diretti e indiretti per la generazione di numeri casuali con densità di probabilità assegnata. Simulazione di sorgenti radioattive isotrope e anisotrope. Simulazione del passaggio di particelle nei materiali. Tecnica della collisione forzata. Simulazione di collisioni.

LABORATORIO DI FISICA NUCLEARE

Richiami sul passaggio di particelle nella materia (2 ore).

Generalità sui rivelatori di particelle (2 ore).

Rivelatori a gas, a scintillazione e a stato solido. Efficienza e tempo morto di un rivelatore. Rivelazione di particelle a, b e g.

Taratura e misure sperimentali con un contatore b (4 ore).

Taratura e misure sperimentali con un contatore g (4 ore).

Misure di radioattività ambientale (4 ore).

Misure della radiazione cosmica con uno scintillatore plastico (4 ore)

Bibliografia

Appunti delle lezioni.

Esame

Per il primo modulo lo studente potrà scegliere tra l'esame tradizionale sugli argomenti trattati a lezione e la presentazione di una breve relazione su un argomento a scelta, trattato a lezione, che sarà da lui ulteriormente approfondito.

Per il secondo modulo lo studente dovrà presentare una relazione, succinta ma esauriente, degli esperimenti trattati, in modo da permettere a chi possiede una normale cultura scientifica, di capire cosa è stato fatto e come si sono realizzate le misure. La valutazione avverrà mediante una breve discussione orale delle relazioni presentate.

Q4460 REATTORI NUCLEARI AVANZATI

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Piero RAVETTO (Dipartimento di Energetica) |

Programma

1. METODI MONTE CARLO

I metodi di simulazione statistica costituiscono uno strumento efficace per la soluzione di molti problemi di ingegneria. Il modulo presenta i principi del metodo Monte Carlo, illustrandone alcune applicazioni nei campi del trasporto di particelle e dell'affidabilità di sistemi complessi.

a. Fondamenti del metodo Monte Carlo

- Simulazione del comportamento di sistemi statistici; variabili casuali, unbiased estimator; convergenza statistica e varianza; random walk discrete e continue.
- Algoritmi per la generazione di numeri casuali, metodo rejection.

b. Applicazioni del metodo Monte Carlo

- Valutazione di integrali multipli; soluzione di sistemi di equazioni e di equazioni integrali; serie di Neumann e spettro di collisione.
- Applicazioni allo studio dell'affidabilità di sistemi complessi; applicazioni a calcoli di trasporto neutronico e fotonico e al problema del reattore critico; applicazioni agli schermi e ai sistemi a geometria complessa; valutazione di quantità puntuali e track length estimator.

c. Metodi di riduzione della varianza

- Problemi connessi allo studio di eventi rari e principali metodi di riduzione della varianza; concetto di detector, peso statistico e importance sampling; trasformazione esponenziale, survival biasing, roulette russa, splitting.

d. Trattamento statistico di insiemi di dati sperimentali

- Incertezze di dati sperimentali; momenti, varianze e correlazioni; misure differenziali e integrali; tecniche di aggiustamento di misure differenziali mediante dati integrali; applicazione del metodo dei minimi quadrati e del principio della massima verosimiglianza; varianza-covarianza dei dati aggiustati.

2. METODI COMPUTAZIONALI DELLA NEUTRONICA

Il modulo affronta il problema della soluzione dell'equazione del trasporto per i neutroni nei sistemi mol-tiplicanti sia in condizioni stazionarie che dipendenti dal tempo, presentando i metodi classici delle armoniche sferiche e delle ordinate discrete. Viene inoltre illustrata la teoria delle perturbazioni generalizzate.

a. Problemi di base della neutronica dei sistemi moltiplicanti

- Librerie di sezioni d'urto per il calcolo dei reattori; applicazione delle tecniche statistiche di aggiustamento dei dati nucleari.
- Formulazione del problema degli autovalori dell'equazione del trasporto; autovalore di moltiplicazione; autovalore temporale e teorema di equivalenza.

b. Soluzione dell'equazione del trasporto per i neutroni

- Il metodo delle armoniche sferiche; caso monocinetico e dipendente dall'energia; il caso dipendente dal tempo; l'equazione della diffusione e del telegrafista; l'equazione dell'età.
- Il metodo delle ordinate discrete; relazione con il metodo delle armoniche sferiche; geometria pluridimensionale: ray effects; il metodo dell'iterazione di sorgente e le procedure di accelerazione; il metodo diffusion synthetic.

c. Teoria delle perturbazioni

- Il problema aggiunto di un modello fisico; l'equazione aggiunta all'equazione del trasporto integro-differenziale e la funzione importanza; generalizzazione del problema aggiunto.

- Teoria delle perturbazioni generalizzate per funzionali lineari; problemi di radiazione e di trasporto del calore, problemi di affidabilit' di sistemi, studio dell'evoluzione di nuclidi, calcolo di barre di con-trollo nei reattori nucleari.

d. Equazioni della dinamica neutronica

- Metodi di separazione nella dinamica dei reattori: deduzione delle equazioni della cinetica puntiforme, definizione dei parametri cinetici, metodi adiabatici e quasistatici, metodi degli *-modes; metodi mo-dali e nodali; cinetica inversa.

FISICA DEI REATTORI INNOVATIVI

Il modulo affronta i principali problemi della fisica dei sistemi moltiplicanti di nuova concezione, che vengono oggi proposti per la produzione di energia, per il bruciamento delle scorie radioattive prodotte dai reattori convenzionali, per applicazioni mediche e per la produzione di isotopi.

a. Fisica dei sistemi moltiplicanti sottocritici

- Fisica dei reattori sottocritici: accelerator driven systems; modellizzazione fisica dei sistemi a combustibile fluido; progetto stazionario; metodi per la misura del livello di sottocriticita'.

- Modellizzazione e progetto del bersaglio; studio Monte Carlo dei fenomeni fisici connessi alle reazioni di spallazione; accoppiamento sorgente-sistema sottocritico.

- Dinamica spaziale dei sistemi sottocritici a combustibile solido e fluido: modelli diffusivi e trasportisti-ci; parametri cinetici; problemi di sicurezza; controreazioni termiche e stabilit'; problemi di controllo degli accelerator driven systems.

b. Bruciamento delle scorie radioattive

- Ciclo del combustibile nucleare e problema del bruciamento dei nuclidi radioattivi a lunga vita; brucia-mento del plutonio prodotto dalle centrali nucleari e dismissed dal sistema militare; bruciamento degli attinidi minori; bruciamento dei prodotti di fissione.

- Illustrazione dei progetti dei sistemi per il bruciamento degli attinidi e dei prodotti di fissione; combu-stibili innovativi per sistemi critici termici; sistemi critici veloci; sistemi sottocritici.

c. Sistemi per la produzione di energia e per applicazioni industriali e mediche

- Illustrazione dei progetti dei sistemi sottocritici per la produzione di energia; il progetto Rubbia.

- Sistemi sottocritici per applicazioni industriali e mediche; boroterapia e sistemi per la produzione di isotopi.

Laboratori e/o esercitazioni

Valutazione dei parametri fisici caratteristici di un sistema sottocritico

METODI MONTE CARLO

Soluzione di un problema statistico mediante il metodo Monte Carlo; studio della convergenza, applicazioni di metodi di riduzione della varianza, importance sampling. L'esercitazione richiede la messa a punto di un programma al calcolatore.

METODI COMPUTAZIONALI DELLA NEUTRONICA

- Librerie di sezioni d'urto;

- Il codice ANISN;

- Calcolo di sistemi moltiplicanti e di schermi mediante un codice alle ordinate discrete.

FISICA DEI REATTORI INNOVATIVI

Valutazione dei parametri fisici caratteristici di un sistema sottocritico.

Bibliografia

METODI MONTE CARLO

- I. Lux, L. Koblinger, Monte Carlo Transport Methods, Neutron and Photon Calculations, CRC Press, Boca Raton (1991).
Y. Yeivin, Experimental Data Uncertainties; The Adjustment Formalism; Consistency of Parameter and Response Data, The Hebrew University, Jerusalem (1992).

METODI COMPUTAZIONALI DELLA NEUTRONICA

- A.F. Henry, Nuclear Reactor Analysis, MIT Press, Cambridge, MA (1975).
J.J. Duderstadt, L.J. Hamilton, Nuclear Reactor Analysis, Wiley, New York (1976).
R.V. Meghreblian, D.K. Holmes, Reactor Analysis, Mc-Graw-Hill, New York (1960).
ANISN-PC Manual, NEA Data Bank, Gif-sur-Yvette (1990).
M. Salvatore, La Th'orie des Perturbations et les Analyses de Sensibilit', IRDI/DEDR, CEN, Cadarache (1988).
Z. Ackasu, G.S. Lellouche, L.M. Shotkin, Mathematical Methods in Nuclear Reactor Dynamics, Academic Press, New York (1971).

FISICA DEI REATTORI INNOVATIVI

- A.F. Henry, Nuclear Reactor Analysis, MIT Press, Cambridge, MA (1975).
Appunti della Fr'dric Joliot Summer School - 1995, INSTN, Paris (1995).
Appunti del Docente.

Q4600 SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Franco ALGOSTINO , esercitazioni: Giorgio FARAGGIANA (Dipartimento di Ingegneria Strutturale) |

Presentazione del corso

Il corso pone le basi per lo studio del corpo deformabile.

Imposta il problema del corpo elastico e presenta la soluzione del problema di Saint Venant. Vengono studiate principalmente strutture monodimensionali (travi e sistemi di travi). Si imposta il problema dell'instabilità e della non linearità, con trattazione della teoria di Eulero.

Oltre all'impostazione teorica ed analitica dei problemi strutturali, particolare riguardo viene dato alle soluzioni ottenute mediante procedimenti numerici.

Prerequisiti

Statica nel piano e nello spazio, geometria delle aree, analisi matematica, calcolo numerico.

Programma

PRIMA PARTE (40%): **TRAVI E TRAVATURE (14 ore)**

Richiami di statica e geometria delle aree. (2 ore)

Travi e travature: travature piane caricate nel loro piano e trasversalmente. Travature spaziali. Calcolo delle sollecitazioni degli spostamenti in travature isostatiche ed iperstatiche. (8 ore)

Fenomeni di instabilità: l'asta caricata di punta, teoria di Eulero. L'asta oltre il limite elastico. Fenomeni del secondo ordine (4 ore)

SECONDA PARTE (30%): **IL CORPO DEFORMABILE - (18 ore)**

Analisi dello stato di tensione: equazioni indefinite di equilibrio, componenti del tensore di tensione in diverse direzioni, cerchi di Mohor, tensioni principali. (6 ore)

Analisi dello stato di deformazione: deduzione delle componenti del tensore di deformazione in un riferimento cartesiano ortogonale, deformazioni principali, equazioni di congruenza. (4 ore)

Equazione dei lavori virtuali: applicazione al corpo deformabile. (4 ore)

Leggi costitutive del materiale: il corpo elastico, la legge di Hooke, il corpo isotropo, tensioni ideali e limiti di resistenza. (4 ore)

Teoremi energetici: lavoro di deformazione, condizioni di minimo. (4 ore)

TERZA PARTE (30%): **IL SOLIDO DI ST. VENANT - (18 ore)**

Il Solido di Saint Venant: definizione e impostazione generale del problema. (4 ore)

Flessione deviata. (4 ore)

Taglio: teoria approssimata. (4 ore)

Torsione: sezione circolare, sezione cava e sezione sottile aperta. (4 ore)

Sezioni eterogenee, unioni longitudinali discontinue, cemento armato (2 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

TRAVI E TRAVATURE (34 ore)

Vincoli nel piano e nello spazio.(2 ore)

Travature reticolari piane. (4 ore)

Travature piane isostatiche: grado di vincolo, reazioni vincolari, diagrammi delle caratteristiche di solle-citazione, calcolo di spostamenti.(10 ore)

Travature piane iperstatiche.(10 ore)

Linea elastica di travi diritte.(4 ore)

Instabilità: l'asta caricata di punta con diverse condizioni di vincolo in regime elastico e plastico.(4 ore)

IL CORPO DEFORMABILE

Programma delle esercitazioni in aula: (2 ore)

Cerchi di Mohr, determinazione delle tensioni principali e tensioni ideali, (2 ore)

Programma delle esercitazioni di laboratorio: (1 ore)

Visita del laboratorio del dip. di Ingegneria Strutturale.

Determinazione sperimentale del carico di snervamento in un tondino in acciaio.Determinazione del cari-co di rottura di un cubetto in calcestruzzo.

IL SOLIDO DI ST. VENANT

Programma delle esercitazioni in aula: (12 ore)

Flessione deviata: determinazione dell'asse neutro e delle tensioni.(4 ore)

Taglio: determinazione del centro di taglio. (4 ore)

Torsione: determinazione delle tensioni e della deformazione per sezione chiusa e aperta.(4 ore)

Programma delle esercitazioni di laboratorio: (1 ora)

Misura degli spostamenti in una trave. (1 ora)

Visita del laboratorio del dip. di Ingegneria Strutturale (1 ora)

Bibliografia

F. Algostino G. Faraggiana A. Sassi, Scienza delle costruzioni Vol. 1° e 2°, UTET

F. Algostino G. Faraggiana, Scienza delle costruzioni esercizi (in preparazione)

Esame

L'esame è articolato in una prova scritta e una prova orale.

A metà semestre viene effettuata una prova scritta che esonera dallo scritto d'esame.

Q4740 SICUREZZA E ANALISI DI RISCHIO

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso si propone di fornire elementi conoscitivi ed alcuni strumenti operativi per l'analisi di sicurezza di impianti e sistemi complessi attraverso l'uso di metodologie probabilistiche e deterministiche. L'obiettivo è quello di fornire al futuro professionista una adeguata cultura tecnico-scientifica nel campo della sicurezza, utile ai fini della progettazione degli impianti, della gestione dei sistemi di trasporto e delle relative compatibilità ambientali, nonché della pianificazione di emergenze in situazioni incidentali. Il corso è costituito da 3 moduli didattici.

Prerequisiti

Sono nozioni propedeutiche quelle impartite nei corsi di Idraulica e Fisica Tecnica. Sono altresì richieste conoscenze di base concernenti le caratteristiche costruttive e funzionali dei più comuni componenti e sistemi dell'impiantistica industriale.

Programma

GENERALITÀ METODOLOGIE PER L'ANALISI DI AFFIDABILITÀ E SICUREZZA

Impegno (ore) lezione: 20 esercitazione: 10 laboratorio: 2

- Generalità sulla sicurezza e l'analisi di rischio
- Definizione, valutazione e accettabilità del rischio
- L'analisi di rischio quale strumento di supporto per la Valutazione di Impatto Ambientale e per la pianificazione del territorio, rischio d'area
- Rischi connessi all'impiantistica industriale, piani di emergenza interna ed esterna, normativa vigente in materia di sicurezza industriale
- Rischi connessi alle attività di trasporto
- Schema metodologico dell'analisi di sicurezza
- Metodologie speditive e metodologie dettagliate
- Identificazione degli eventi iniziatori (HAZOP, FMECA, ...) ed esempi applicativi
- Analisi dei sistemi (Fault Tree, Markov, Blocchi di Affidabilità)
- Cause Comuni di Guasto
- Analisi di sequenze incidentali (Event Tree, metodologie dinamiche, alberi fenomenologici)
- Analisi di vulnerabilità.
- Strumenti informatici per l'analisi di sicurezza

ANALISI FENOMENOLOGICA DELL'EVOLUZIONE DEGLI EVENTI INCIDENTALI E RELATIVE CONSEGUENZE

Impegno (ore) lezione: 40 esercitazione: 10 laboratorio: 2

- Identificazione degli eventi incidentali, interni all'azienda, rilevanti per la sicurezza delle aziende e dell'ambiente circostante
- Termini di sorgente: trattazione fenomenologica, identificazione dei possibili tipi di rilascio, modelli per la stima dell'entità del rilascio
- Fenomeni di esplosione: trattazione fenomenologica, classificazione, modelli per la valutazione delle conseguenze, misure di salvaguardia.

- Fenomeni di incendio: trattazione fenomenologica, classificazione, modelli per la valutazione delle conseguenze, misure di salvaguardia
- Dispersione di inquinanti nell'ambiente: trattazione fenomenologica, identificazione dei meccanismi di trasporto, modelli per la stima delle concentrazioni.
- Stima dei danni: vulnerabilità dell'uomo, delle strutture e dell'ambiente
- Identificazione e studio degli eventi di provenienza esterna: eventi naturali (terremoti, inondazioni, frane) ed eventi causati da altre attività industriali.

ANALISI DI AFFIDABILITÀ DI SISTEMA

- Impegno (ore) lezione: 20 esercitazione: 6
- Definizione di componente e sistema
- Definizione di affidabilità e disponibilità
- Determinazione empirica dell'affidabilità di componenti non riparabili
- Tasso di guasto e densità di guasto non condizionata
- Distribuzioni
- Analisi di sistemi di componenti non riparabili: parallelo, serie, logica maggioritaria, stand-by
- Riparabilità dei componenti
- Analisi di sistemi con componenti riparabili, parametri affidabilistici che caratterizzano i componenti riparabili, calcolo dell'indisponibilità di componenti riparabili, valutazione empirica di affidabilità e disponibilità per componenti riparabili
- Calcolo dell'indisponibilità e dell'affidabilità di un sistema mediante Minimal Cut Set
- Componenti sottoposti a test, calcolo del periodo di test ottimale, politiche di test per sistemi serie e parallelo
- Indici di criticità

Laboratori e/o esercitazioni

Agli allievi è proposta un'esercitazione pratica che consiste nell'analisi di sicurezza con metodologie deterministiche e probabilistiche di un sistema industriale complesso o di un sistema di trasporto ai fini della determinazione dell'impatto ambientale che si avrebbe in caso di incidente. L'esercitazione richiede l'applicazione delle metodologie trattate nelle diverse parti del corso.

Bibliografia

Appunti dei docenti.

A. Villemeure, Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, Eyrolles, Paris, 1988.

Guidelines for chemical process quantitative risk analysis, Center for Chemical Process Safety of the AIChE, New York, 1989.

Q5310 STRUMENTAZIONE FISICA

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Luigi GONELLA (Dipartimento di Fisica) |

Presentazione del corso

Si presenta la problematica delle apparecchiature utilizzanti a fini applicativi fenomeni fisici che l'usuale didattica tratta solo nell'ambito dei corsi di fisica. Tali apparecchiature, ampiamente usate nell'industria, ben ricadono nella competenza degli ingegneri nucleari che si suppone abbiano maggior formazione in campo fisico dei colleghi di altri rami. Il tema è affrontato mediante esemplificazione su tre campi, corrispondenti a tre moduli: 1) Metrologia moderna, 2) Strumentazione da vuoto, 3) Strumentazione ottica per la formazione d'immagine. L'enfasi viene posta sull'evoluzione di linguaggio, metodo, e definizione stessa dei problemi, che si richiede per passare dall'approccio scientifico proprio ai testi scolastici all'approccio ingegneristico.

Prerequisiti

Nozioni propedeutiche: Biennio, Termodinamica applicata, Elettrotecnica

Programma

1. Metrologia moderna(20%)

approfondimento del concetto di misura; convenzioni e organismi internazionali; tipi di grandezze misurabili; evoluzione dal concetto di errore a quello di incertezza; grandezze d'influenza e taratura; risoluzione

2. Strumentazione da vuoto(30%)

fenomenologia fondamentale dei gas a bassa pressione; parametri applicativi dedotti dalla teoria cinetica dei gas e loro limiti; unità di misura; regimi di flusso, portata dei condotti, velocità di svuotamento; sorzione e degasamenti; fenomeni elettrici, getteraggio e spruzzamento; pompe e vacuometri dei vari tipi; tecnologia degli impianti; analizzatori di gas residuo e cercafughe.

3. Strumentazione ottica per la formazione d'immagine (50%)

radiometria e fotometria; tecnologia dei fenomeni ottici; sorgenti e rivelatori di luce, compreso occhio umano; formazione d'immagine in diotro; ottica parassiale e suo trattamento matriciale; pupille e finestre, fotometria dell'immagine; aberrazioni e loro correzione; relazione tra raggi e onde, approccio allo strumento ottico in termini di diffrazione e trasformata di Fourier; la formazione d'immagine come trasferimento d'informazione, funzione di trasferimento ottico; immagini di diffrazione e contrasto di fase.

Laboratori e/o esercitazioni

Progetto di un impianto da vuoto; visite guidate

Bibliografia

Appunti del corso

Q5404 SUPERCONDUTTIVITÀ (r)

Periodo: 2

Crediti: 5

Docente: da nominare

Presentazione del corso

Il corso è inteso fornire una professionalità specifica a chi voglia affrontare professionalmente problemi avanzati nell'ambito dei nuovi materiali, anche non necessariamente superconduttori. Più in particolare, naturalmente, esso mira a fornire, a quegli studenti che fanno un uso applicativo esteso delle proprietà dei superconduttori, una comprensione profonda dei meccanismi fisici, dei fenomeni microscopici, dei metodi di misura e dei modelli concettuali di rappresentazione di tali materiali. Dato il livello alto di difficoltà e di aggiornamento, il corso è strumento professionale importante per chi intenda affrontare tali argomenti in un ambito di ricerca. Nel passato, dalla frequenza al corso sono spesso scaturite tesi di laurea interessanti (nell'ambito della scienza dei materiali, della fisica dello stato condensato, dello studio dei sistemi quantistici a molti corpi).

Le tre parti del corso ' che ha durata complessiva di 55/60 ore ' hanno peso approssimativamente uguale (di circa 20 ore ciascuna). Le lezioni sono accompagnate da esercitazioni, che consistono essenzialmente nella visita a laboratori di ricerca, in cui gli studenti assistono alla esecuzione di esperimenti, per un totale di circa 8 ore. Sono pre-requisiti essenziali i corsi di matematica e fisica generali e i complementi di matematica; raccomandabili uno o due corsi di "fisica moderna" (che diano allo studente le nozioni di base di meccanica quantistica di "prima quantizzazione" e di meccanica statistica). Tutti gli elementi concettuali non istituzionali necessari vengono esaurientemente forniti durante il corso stesso; esistono tuttavia buoni testi di riferimento, che vengono indicati.

Programma

La prima parte è dedicata alla descrizione delle proprietà caratteristiche dei materiali superconduttori, della fenomenologia relativa e dei più importanti esperimenti che consentono di mettere in rilievo e caratterizzare tali proprietà. Vengono descritti la dipendenza della resistività dalla temperatura assoluta nella fase normale, nella fase superconduttrice e alla transizione; l'effetto Meissner ' che corrisponde al passaggio, alla temperatura critica, da comportamento paramagnetico (ad alta temperatura) a diamagnetico (a bassa temperatura); il fenomeno delle correnti persistenti; la resistenza e le tecniche di misura del gap nello spettro energetico. Per i superconduttori ad alta temperatura critica viene discussa la complessa struttura chimica e cristallografica.

La seconda parte del corso consiste di una accurata rassegna dei modelli e delle teorie fisiche che consentono di descrivere il fenomeno della superconduttività. Dopo lo studio delle teorie fenomenologiche di London e di Landau'Ginburg, viene affrontata la teoria microscopica BCS (Bardeen, Cooper, Schrieffer). Tale teoria è basata su concetti profondi e complessi di meccanica e meccanica statistica quantistiche, dei cui elementi fondamentali viene data una rassegna. Si discutono i principi della seconda quantizzazione, le proprietà statistiche collettive di sistemi di particelle di Fermi (in particolare come queste possano formare stati legati) e di Bose (con il fenomeno della condensa-

zione a bassa temperatura). Si richiamano altresì elementi di fisica dello stato solido: il concetto di banda di energia, il teorema di Bloch, le relazioni di dispersione dei fononi. Mediante tutti questi strumenti la teoria BCS viene descritta sia nella versione a temperatura zero (stato fondamentale) sia in quella a temperatura non-nulla, ricavandone tutte le proprietà termodinamiche, di equilibrio e non, interessanti. Per i superconduttori ad alta temperatura critica viene fatto un cenno alle più moderne teorie (modello di Hubbard e sue generalizzazioni) attualmente prese in considerazione.

La terza parte del corso è dedicata alle applicazioni. Vengono descritti e analizzati gli utilizzi nel trasporto di corrente elettrica, nell'accumulo di energia, nella meccanica (tramite levitazione: trasporti, cuscinetti a levitazione magnetica). Si studia poi l'effetto Josephson e la sua applicazione negli SQUID (Quantum Interference Superconductive Devices) per usi metrologici, di diagnostica medica, ecc.

Esame

Verifica orale sui temi trattati a lezione; occasionalmente, tesina scritta su argomento monografico.

Q5680 TECNOLOGIE E APPLICAZIONI NUCLEARI

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso si propone di completare la formazione culturale di un ingegnere con l'acquisizione di una sensibilità e metodologia finalizzata alla scelta dei materiali nel progetto di componenti, considerando non solo le funzioni che essi devono svolgere ma anche le prestazioni che essi devono assicurare e la fattibilità tecnico-economica in relazione ai metodi di fabbricazione e all'ambiente di lavoro. Nel corso sono fornite le nozioni di base sulla tecnologia, sulle proprietà e sulle prestazioni dei materiali impiegati negli impianti nucleari a fissione e fusione, con particolare riguardo agli aspetti concernenti il danno da radiazione. Si affrontano i problemi connessi ai criteri per la scelta dei materiali in relazione alle funzioni che essi devono svolgere negli impianti, ai metodi di fabbricazione dei manufatti e all'ambiente di lavoro in cui devono operare. Si forniscono inoltre alcuni elementi di base sul comportamento elastoplastico dei materiali e sulla meccanica della frattura.

Il corso è articolato in tre moduli.

I MODULO

PROPRIETÀ DEI MATERIALI E DANNO DA RADIAZIONE NEI MATERIALI CON STRUTTURA CRISTALLINA

Il contenuto è di tipo introduttivo e di base. Si propone di presentare le problematiche e le metodologie che sono alla base della scelta dei materiali nel progetto di componenti nucleare e non, considerando le funzioni che i materiali devono svolgere e le prestazioni che devono assicurare. In questo modulo sono fornite le nozioni di base sulle proprietà e sulle prestazioni dei materiali impiegati negli impianti nucleari a fissione e fusione con particolare riguardo agli aspetti concernenti il danno da radiazione.

II MODULO

COMPORTEMENTO DEI MATERIALI AD ALTA TEMPERATURA

Il modulo ha l'obiettivo di caratterizzare i fenomeni elastoplastici e di scorrimento viscoso a caldo che manifestano i materiali che operano ad alta temperatura e di caratterizzare le tecnologie di lavorazione dei materiali per deformazione plastica. Si affrontano anche i fondamenti della meccanica della frattura e le tecniche dei controlli non distruttivi.

III MODULO

TECNOLOGIE PER I REATTORI NUCLEARI A FISSIONE E FUSIONE

I processi tecnologici di produzione e di lavorazione dei materiali e dei componenti degli impianti nucleari a fissione e fusione sono discussi. In particolare si caratterizzano le tecnologie per la preparazione e lavorazione dei combustibili nucleari, le tecnologie del ritrattamento, dell'arricchimento del combustibile nucleare e la gestione delle scorie nucleari. Sono introdotte anche le tecnologie emergenti che riguardano l'applicazione della superconduttività e la fabbricazione dei magneti superconduttori e non per gli impianti a fusione e per gli acceleratori.

Programma

PROPRIETÀ DEI MATERIALI E DANNO DA RADIAZIONE NEI MATERIALI CON STRUTTURA CRISTALLINA

- Il ruolo delle tecnologie nella realizzazione dei manufatti. Tecnologie nucleari ed ambiti di applicazione. Condizioni operative di alcuni manufatti (elementi di combustibile, schermi per radiazioni nucleari, vessel, generatori di vapore, tubazioni, valvole). Classificazione dei materiali impiegati negli impianti nucleari. Materiali di corrente impiego nei reattori nucleari (6 ore)

- Proprietà dei materiali: caratterizzazione chimico-mineralogica, tecniche diagnostiche; caratterizzazione fisico-tecnologica: proprietà fisiche, meccaniche, tecnologiche, normative di riferimento ed unificazione. (4 ore)

- La struttura cristallina e suoi difetti: Difetti puntuali, lineari (dislocazioni). Meccanismi di formazione dei difetti e stima della concentrazione dei difetti. Moto delle dislocazioni. Difetti di superficie. (2 ore)

- Proprietà chimico-fisiche, termodinamiche e di trasporto nei materiali allo stato liquido, vapore o gas: strumenti per la valutazione e comparazione (2 ore).

- Diffusione, solubilizzazione e permeazione di specie chimiche in matrici solide (2 ore)

- Danneggiamento indotto dalle radiazioni ionizzanti: tipi di danneggiamento indotti nei cristalli, valutazione dell'irraggiamento di un materiale, fluenza. Interazione con fotoni di alta energia, neutroni, frammenti di fissione, ioni pesanti. Interazione dei neutroni veloci con i metalli. Teorie per la stima degli spostamenti di atomi per irraggiamento, Ratei di spostamento. Influenza della temperatura sul danno da radiazione. Dosi equivalenti e temperature equivalenti. Impianti per lo studio del danno da radiazione. Spostamenti multipli associati ad urti primari. Formazione di vacanze, cluster di difetti puntuali nei metalli. Formazione dei vuoti (swelling). Spike di fissione. Energia immagazzinata e rinvenimento nel danno da radiazione. Formazione di bolle con processi di nucleazione, crescita, aggregazione e migrazione. Fenomeni di diffusione e rilascio attraverso i bordi dei grani. Modelli per lo studio della formazione delle bolle durante l'irraggiamento(8 ore)

-Effetti dell'irraggiamento sulle proprietà fisiche:resistività elettrica,potere elettrico,conducibilità termica,calore specifico,dilatazione termica,densità.(2 ore)

-Fenomeno della radioattività indotta da flusso neutronico.Catene di decadimento attivazione.Concetto di bassa attività e materiale a bassa attivazione(LAM).Categorie di LAM(acciai,leghe,materiali compositi)(4 ore)

-Effetti dell'irraggiamento sulle proprietà meccaniche,curve di trazione e di transizione duttile-fragile.Creep da irraggiamento.Danno da radiazioni sulle proprietà dei materiali isolanti elettrici e materiali polimerici.(4 ore)

-Fenomeni di danneggiamento dei materiali della prima parete dei reattori nucleari a fusione:erosione,sputtering,evaporazione,blistering(2 ore)

-Fenomeni di degradazione delle proprietà dei materiali:rottura duttile,fragile,da fatica,indotta da corrosione.Classificazione dei processi di corrosione,corrosione elettrochimica,da ossigeno,intergranulare,sotto sforzo.Infragilimento da idrogeno.Prevenzione e protezione dalla corrosione:metodi ed accorgimenti.(4 ore)

COMPORTEMENTO DEI MATERIALI AD ALTA TEMPERATURA

- Elementi di teoria della plasticità: richiami di meccanica dei mezzi continui, invarianti dei tensori degli sforzi e delle deformazioni, cerchi di Mohr, comportamento dei materiali sollecitati oltre il carico di snervamento, modelli di comportamento in regime elastoplastico. Criteri di plasticità. Modelli di incrudimento. Modelli meccanici per materiali in regime elasto - plastico. (6 ore)

- Elementi di teoria dello scorrimento viscoso dei materiali (creep): Fasi dello scorrimento viscoso, creep primario e secondario. Creep terziario e meccanismi di rottura.

Equazioni del creep . Comportamento sotto carichi variabili. Norme UNI per la caratterizzazione dei materiali in condizioni di scorrimento viscoso a caldo. Curve di scorrimento viscoso a caldo (4).

- Caratteristiche meccaniche degli acciai sottoposti a scorrimento viscoso a caldo. (2 ore)
- Elementi di meccanica della frattura: difetti e loro propagazione. Approccio energetico, curve R, fattori di intensità degli sforzi. Modello del raggio plastico. Propagazione dei difetti. (4 ore)
- Controlli non distruttivi: tecniche agli ultrasuoni, ai raggi X, gammagrafie (2 ore)
- La laminazione, fucinatura e stampaggio, estrusione e trafilatura (10)

TECNOLOGIE PER I REATTORI NUCLEARI A FISSIONE E FUSIONE

- Formulazione delle specifiche tecniche per i materiali combustibili, moderatori, refrigeranti e materiali strutturali nei reattori nucleari. (2 ore)
- Materiali combustibili: uranio, plutonio, torio. Processi di preparazione e lavorazione e proprietà fisiche, meccaniche e tecnologiche. Leghe dell'uranio: diagrammi di stato, lavorabilità e comportamento sotto irraggiamento. Materiali ceramici a base d'uranio, elementi di metallurgia delle polveri e processi di sinterizzazione, proprietà termofisiche e meccaniche. Torio e sue leghe: processi di preparazione, proprietà termofisiche e meccaniche. Plutonio e suoi composti: proprietà termofisiche e meccaniche. (8 ore)
- Moderatori e riflettori: grafite, berillio ed ossido di berillio. Materiali affacciati al plasma nei reattori a fusione e moltiplicatori neutronici. Refrigeranti: acqua, acqua pesante, metalli liquidi. Problemi di attivazione e corrosione. Materiali triziogeni (breeder): composti ceramici, breeder liquidi. (4 ore)
- Materiali di rivestimento: zirconio e sue leghe. Materiali strutturali: acciai, leghe a base di nickel. Materiali strutturali innovativi per reattori a fusione. Materiali superconduttori: proprietà e processi di fabbricazione. (4 ore)
- Ciclo del combustibile nucleare. Processi di arricchimento per diffusione gassosa e per centrifugazione gassosa. (2 ore)
- Riprocessamento del combustibile nucleare. (2 ore)
- Gestione, trattamento e confinamento dei rifiuti radioattivi. Classificazione delle scorie, normativa internazionale ed italiana. Quantità e qualità delle scorie nei reattori a fissione. Confronto con i reattori a fusione: scorie triziate, scorie attivate. Confinamento geologico dei rifiuti radioattivi. (4 ore)
- Il trizio nei reattori a fissione e fusione. Produzione di trizio nel mantello del reattore a fusione, TBR. Inventario globale di trizio. Ottimizzazione del mantello. (2 ore)
- Materiali superconduttori: caratteristiche e tecnologie di fabbricazione, Applicazioni della superconduttività, fabbricazione dei magneti superconduttori e non (4 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

Esemplificazioni ed analisi di normative, progettazione di procedure di prova, valutazioni numeriche del danno da radiazione. Analisi comparate di dati sperimentali sulle proprietà fisiche e meccaniche di materiali strutturali per reattori nucleari. Esemplificazione di cicli di lavorazione per componenti da produrre per deformazione plastica a caldo. Analisi di normative per i controlli non distruttivi. Valutazioni tecnico economiche sul ciclo del combustibile nucleare.

Bibliografia

Appunti del docente.

Esame

L'esame verte sulla discussione delle esercitazioni e sulla discussione e approfondimento di alcuni temi del corso.

Q5950 TERMODINAMICA APPLICATA

| | |
|----------|-------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il contenuto del corso è ripreso dal capitolo sulla termodinamica dell'insegnamento tra-dizionale della fisica tecnica presso questa Facoltà, opportunamente ampliato ed adattato alle esigenze del corso di laurea in Ingegneria nucleare.

Gli argomenti trattati stabiliscono tutti i fondamenti della termodinamica di base ed alcuni elementi delle applicazioni ingegneristiche della termodinamica avanzata ed hanno inoltre funzione propedeutica ai corsi successivi del triennio (in particolare Macchine, Termocinetica, Termofluidodinamica degli impianti nucleari 1 e 2, ecc.).

Prerequisiti

Analisi matematica II, Fisica II.

Programma

Introduzione. [3 ore]

Natura della termodinamica, relazione con la meccanica classica, temperatura, calore e legge zero, scale di temperatura, il principio di stato, lavoro, proprietà termodinamiche, leggi fondamentali della termodinamica, gas ideale.

Richiami ed applicazioni del primo principio della termodinamica. [6 ore]

Sostanze pure e cambiamenti di stato: proprietà delle sostanze pure, evaporazione, proprietà del vapore umido (regioni di saturazione), stati metastabili, rappresentazioni grafiche (diagrammi di Clapeyron, Gibbs e Mollier).

Analisi energetica dei sistemi aperti. [4 ore]

Bilanci energetici e convenzioni di segno, il sistema chiuso, il sistema aperto, il volume di controllo, sommario dei casi speciali di sistemi aperti, il coefficiente di Joule-Thomson.

Richiami alle nozioni di base sul secondo principio della termodinamica. [7 ore]

Secondo principio, enunciato secondo Kelvin-Planck e secondo Clausius, processi reversibili e cicli, temperatura termodinamica, equazioni di Clausius, definizione macroscopica dell'entropia, principio dell'incremento di entropia, entropia di una sostanza pura, variazione di entropia per un gas ideale, il ciclo di Carnot, il secondo principio per i sistemi aperti, interpretazione microscopica dell'entropia.

Lavoro disponibile ed analisi dei processi. [6 ore]

Concetto generale, sistemi aperti interagenti con una o più capacità termiche in condizioni di moto stazionario, sistemi chiusi soggetti a trasformazioni finite e cicliche, analisi dei processi per sistemi aperti e sistemi chiusi, rappresentazioni grafiche.

Equazioni di stato e relazioni generali. [3 ore]

Preliminari matematici, funzioni di Helmholtz e Gibbs, l'equazione dell'energia, le relazioni di Maxwell, entalpia, energia interna ed entropia, relazioni tra calori specifici, l'equazione di Clausius-Calpeyron, equazioni di stato, proprietà dei gas reali.

Miscele di aria e vapor d'acqua. [5 ore]

La legge di Gibbs-Dalton, proprietà energetiche delle miscele, saturazione adiabatica, la carta psicrometrica, processi di condizionamento dell'aria, torri di refrigerazione.

Cicli.[8 ore]

Considerazioni generali,cicli a vapore,daviazione dai cicli teorici,analisi dei cicli,compressori di gas,cicli delle macchine a combustione interna (Otto,Dioesel,Stirling),cicli delle macchine con turbine a gas,analisi energetica dei cicli,cicli inversi a vapore,la pompa di calore,cicli inversi ed assorbimento.

Termodinamica dei processi irreversibili. [8 ore]

Leggi fenomenologiche e loro applicabilità,relazioni di reciprocità di Onsager, flusso termico e generazione entropica, fenomeni termoelettrici (effetti Seebeck,Peltier, Thomson), circuiti termoelettrici.

Conversione diretta dell'energia.

Cella a combustibile,dispositivi termoelettrici e termoionici,generatori magnetoidrodinamici.

Efflusso degli aeriformi [6 ore]

Termodinamica dell'Efflusso.Equazioni fondamentali.Velocità del suono,leggi di Newton e Laplace.Efflusso degli aeriformi in condotti a regime variabile.Parametri critici.Regime transionico.Ugelli supersonici

Laboratori e/o esercitazioni

Esercizi di calcolo su tutti gli argomenti trattati, esercitazioni di calcolo e grafiche sui cicli, con particolare riferimento a quelli utilizzati negli impianti nucleari, alcune esercitazioni di laboratorio.

Bibliografia

C. Boffa, P. Gregorio, Elementi di fisica tecnica. Vol. 2, Levrotto & Bella, Torino, 1981.

P. Gregorio, Esercizi di fisica tecnica, 2 vol., Levrotto & Bella, Torino, 1990.

P. Gregorio, Fisica tecnica: temi d'esame svolti, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

Esame

L'esame consiste in una prova scritta e in una prova orale; la prima è costituita dalla soluzione di tre esercizi (in due ore), mentre la seconda è puramente teorica, sulla base degli argomenti svolti a lezione. Si è ammessi alla prova orale solo dopo il superamento di quella scritta (che ha validità illimitata), ed il voto finale tiene conto dei risultati di entrambe le prove.

QA551 TERMOIDRAULICA I

| | |
|----------|--|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Mario MALANDRONE, Bruno PANELLA; esercitazioni di laboratorio Cristina BERTANI (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Il corso ha il fine di fornire allo studente gli strumenti di base per poter affrontare in modo rigoroso l'analisi termoidraulica di impianti termici di potenza e di processo. In particolare vengono affrontati i problemi inerenti lo scambio termico e il moto dei fluidi di un impianto nucleare. A causa della generalità e del peso dato ai metodi per affrontare i problemi di moto dei fluidi e di scambio termico, il corso può essere consigliato anche a studenti in Ingegneria Meccanica, Chimica e Aeronautica.

Il programma comprende l'analisi dei processi di trasferimento di massa, di energia e di quantità di moto dei fluidi termovettori. Viene inoltre studiato in profondità il problema della conduzione nei solidi. Sono infine trattati lo scambio termico per irraggiamento e gli scambiatori di calore.

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi relativi agli argomenti trattati nell'ambito delle lezioni. I laboratori sono dedicati al moto dei fluidi in condotti e allo scambio termico negli scambiatori di calore.

Prerequisiti

Metodi matematici per l'ingegneria, Termodinamica Applicata.

Programma

I MODULO- 40%: **MECCANICA DEI FLUIDI** (M. Malandrone)

Richiami sulle proprietà termodinamiche e di trasporto dei fluidi e dei solidi. [2 ore]

Cenni di statica dei fluidi: campo di pressione e calcolo delle spinte su pareti. [3 ore]

Equazioni differenziali e integrali di conservazione della massa, dell'energia e della quantità di moto, equazioni di Navier-Stokes e di Eulero. [5 ore]

Cenni di analisi dimensionale ed esempi di applicazione. [3 ore]

Moto di fluidi non viscosi, potenziale di velocità e linee di corrente; moto irrotazionale bidimensionale di fluidi incomprimibili; equazione di Bernoulli per fluidi ideali e reali e sue applicazioni. [4 ore]

Moto di fluidi viscosi: equazioni di Prandtl dello strato limite, strato limite laminare e turbolento nel moto su di un piatto. [3 ore].

Moto di fluidi viscosi in condotti: profilo di velocità e fattore d'attrito nel deflusso laminare; moto turbolento, equazioni di Reynolds, teoria della lunghezza di mescolamento di Prandtl; profili di velocità e fattore d'attrito nel deflusso turbolento; cadute di pressione nelle singularità e nel deflusso su banchi di tubi; applicazione al calcolo di circuiti. [5 ore]

II MODULO (30%): **SCAMBIO TERMICO PER CONDUZIONE DEL CALORE NEI SOLIDI**. (B. Panella)

Legge fondamentale della conduzione; conduzione in stato stazionario senza generazione di calore; campo termico in un mezzo generante calore. [3 ore]

Scambio termico su superficie estese, barra sottile, alette e superficie alettate. [4 ore]

Conduzione del calore non monodimensionale in regime stazionario, soluzioni analitiche in geometria piana e cilindrica. [6 ore]

Conduzione del calore in regime transitorio, solido di conduttività infinita, soluzioni analitiche in geometria piana e cilindrica. [5 ore]

Conduzione del calore in regime stazionario e transitorio: metodi numerici alle differenze finite. [4 ore]

III MODULO (30%): **CAMBIO TERMICO PER CONVEZIONE NEI FLUIDI, SCAMBIO TERMICO PER IRRAGGIAMENTO E SCAMBIATORI DI CALORE.** (M. Malandrone)

Meccanismi di trasferimento del calore nei fluidi; scambio termico per convezione, coefficiente di scambio termico; analisi dimensionale nella convezione. [3 ore]

Correlazioni empiriche per il calcolo del coefficiente di scambio termico nel deflusso laminare e turbolento in condotti e su banchi di tubi. [2 ore]

Scambio termico nel moto laminare in condotti; modelli di Leveque, Graetz, Eckert. [2 ore]

Scambio termico nel moto turbolento in condotti; analogie di Reynolds, Prandtl, Von Karman e Martinelli. [3 ore]

Scambio termico in convezione naturale. [1 ora]

Scambio termico per irraggiamento: leggi fondamentali e corpo nero, fattori di forma, corpo grigio, analogia elettrica, cenni sull'irraggiamento di gas e vapori. [5 ore]

Scambiatori di calore: tipologie, calcolo di progetto e verifica con i metodi della differenza di temperatura logaritmica media e NUT. [5 ore]

Laboratori e/o esercitazioni

MECCANICA DEI FLUIDI

Esercitazioni

Problemi di statica dei fluidi; [1 ora]

applicazioni delle equazioni integrali di conservazione; [3 ore]

moto di fluidi ideali; [1 ora]

moto dei fluidi reali in condotti e studio della circolazione in circuiti adiabatici. [4 ore]

Laboratorio

Misura delle cadute di pressione distribuite in tubi e localizzate in singolarità, presso un circuito sperimentale dedicato alla didattica del Dipartimento di Energetica. [6 ore]

SCAMBIO TERMICO PER CONDUZIONE DEL CALORE NEI SOLIDI

Esercitazioni

Conduzione del calore nei solidi in regime stazionario; [4 ore]

calcolo di alettature; [2 ore]

conduzione del calore in regime transitorio, metodi numerici nella conduzione. [2 ore]

SCAMBIO TERMICO PER CONVEZIONE NEI FLUIDI, SCAMBIO TERMICO PER IRRAGGIAMENTO E SCAMBIATORI DI CALORE.

Esercitazioni

Scambio termico per convezione forzata in moto laminare e turbolento in condotti e su banchi di tubi, scambio termico in regime di convezione naturale; [2 ore]

scambio termico per irraggiamento; [2 ore]

calcoli di dimensionamento e verifica di scambiatori di calore. [3 ore]

Laboratorio

Studio delle prestazioni di scambiatori di calore. [2 ore]

Bibliografia

Panella, Lezioni di Termocinetica, CLUT, Torino, 1979.

Boffa, P. Gregorio, Elementi di Fisica Tecnica, Levrotto & Bella, Torino, 1976.

P. Gregorio, Esercizi di Fisica Tecnica, Levrotto & Bella, Torino, 1990.

Per approfondimenti:

J.G. Knudsen, D.L. Katz, Fluid Dynamics and Heat Transfer, McGraw Hill, 1958.

E.R.G. Eckert, R.M. Drake jr, Heat and mass transfer, McGraw Hill, 1959.

H.S. Carslaw, J.C. Jaeger, Conduction of Heat in Solids, Clarendon, Oxford, 1959.

F.M. White. Fluid Mechanics, McGraw Hill, 1987.

J.P. Holman, Heat Transfer, McGraw Hill, 1997.

Bejan, Heat Transfer, John Wiley & Sons, Inc, 1993.

Esame

L'esame viene svolto oralmente e comprende la discussione degli elaborati delle esercitazioni di laboratorio. È possibile dividere il colloquio in due parti.

Programmi

Programma

QA552 TERMOIDRAULICA II

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | da nominare |

Presentazione del corso

Il corso è dedicato allo studio di modelli dei fluidi bifase, con particolare riferimento a problemi di moto e scambio termico rilevanti nel progetto termoidraulico di impianti di potenza (nucleari e non) e nei processi industriali. Vengono inoltre presentati e discussi alcuni dei metodi numerici più comunemente utilizzati nella soluzione di problemi di termofluidodinamica. Per la generalità dei temi trattati il corso può essere consigliato anche a studenti dei corsi di laurea in Ingegneria Meccanica e Chimica.

Prerequisiti

Termoidraulica I, Calcolo numerico.

Programma

I MODULO (40 %): **TERMOIDRAULICA DEI FLUIDI BIFASE, IDRODINAMICA**

Regimi di deflusso, transizioni e mappe di flusso. [4 ore]

Moto a bolle e a tappi: tipologia di bolle singole e tappi, velocità di risalita. [2 ore]

Moto anulare: sforzo di taglio e profilo di velocità nel film liquido, sforzo di taglio all'interfaccia. [2 ore]

Deflusso omogeneo in condotti: conservazione della quantità di moto e calcolo del gradiente di pressione; moltiplicatori bifase. [2 ore]

Deflusso a fasi separate: equazioni di conservazione della quantità di moto e dell'energia per il calcolo del gradiente di pressione; frazione di vuoto, metodi di misura e correlazioni; correlazioni per il calcolo del gradiente di pressione per attrito. [4 ore]

Calcolo delle cadute di pressione in singolarità con i modelli omogeneo e a fasi separate. [2 ore]

Modello a drift flux; applicazione al moto a bolle e a tappi. [2 ore]

Fenomenologia del moto anulare, fenomeni di entrainment e deposition, modellizzazione del deflusso anulare in condizioni adiabatiche. [2 ore]

Deflusso in controcorrente: fenomeno di flooding, correlazioni ed esempi di modelli della transizione al flooding. [2 ore]

Fenomeni di instabilità nei deflussi bifase. [1 ora]

Fenomenologia e modelli dell'efflusso critico di miscele bifase. [2 ore]

II MODULO (30 %): **TERMOIDRAULICA DEI FLUIDI BIFASE, SCAMBIO TERMICO**

Ebollizione: tipi di ebollizione e fenomenologia; ebollizione con fluido stagnante: processi di nucleazione, incipiente ebollizione e crescita delle bolle; scambio termico in ebollizione nucleata con fluido stagnante. [3 ore]

Crisi termica in regime di ebollizione con fluido stagnante: instabilità di strati e colonne di vapore, calcolo del flusso termico critico. [2 ore]

Ebollizione con deflusso: incipiente ebollizione, ebollizione nucleata e convettiva; calcolo del coefficiente di scambio termico. [2 ore]

Crisi termica nell'ebollizione con deflusso: fenomenologia e calcolo del flusso critico. [2 ore]

Modelli per il calcolo dello scambio termico nel deflusso anulare; cenni sull'applicazione a fasci di barre e sul deflusso non stazionario. [2 ore]

Scambio termico in regime di ultra-crisi in ebollizione con fluido stagnante e con deflusso; correlazioni empiriche; interazione liquido-vapore, cenno sui modelli teorici. [2 ore]

Ribagnamento di superficie ad alta temperatura: temperatura di Leidenfrost, fenomenologia del ribagnamento; cenni sui modelli di calcolo. [2 ore]

Condensazione: fenomenologia, calcolo della condensazione a film su piastre e tubi, condensazione con deflusso in condotti; cenno sull'influenza degli incondensabili. [5 ore]

III MODULO (30 %):

INTRODUZIONE AI METODI NUMERICI IN TERMOFLUIDODINAMICA

- Richiami alle equazioni della termofluidodinamica (equazioni di Navier-Stokes) in forma differenziale e integrale. [2 ore]

- Analisi e soluzione di un problema modello di conduzione-convezione, scalare, dipendente dal tempo:

Differenze finite 1-D e 2-D. [12 ore]

Analisi dello strato limite in 1-D

Schemi upwind

Metodi di avanzamento in tempo

Consistenza, stabilità, convergenza

Teoria e verifica pratica dell'accuratezza in spazio e tempo della soluzione

Cenno ai problemi non-lineari

Metodo Alternating Direction Implicit.

Elementi finiti 1-D e 2-D. [6 ore]

Formulazione debole

Metodi di Galerkin e di Petrov-Galerkin (SUPG)

Generazione della mesh e cenno ai metodi adattivi

Calcolo della matrice elementare e assemblaggio della matrice globale

Stima dell'errore

Confronto con le differenze finite.

Volumi finiti per la soluzione di un problema vettoriale 2-D (fluido viscoso in moto incomprimibile). [10 ore]

Formulazione conservativa

Approssimazione dei flussi

Implementazione delle condizioni al contorno

Iterazioni interne ed esterne

Algoritmi tipo SIMPLE.

Esempi (strato limite in 2D, lid-driven cavity, convezione naturale)

Laboratori e/o esercitazioni

I MODULO

Esercitazioni

Problemi di idrodinamica dei fluidi bifase sui seguenti argomenti:

regimi di deflusso, frazione di vuoto e cadute di pressione di miscele bifase; [6 ore]

applicazione di modelli di calcolo dell'efflusso critico di miscele bifase. [2 ore]

Laboratorio

Svolgimento di esperienze relative a regimi di deflusso, frazione di vuoto e cadute di pressione distribuite e localizzate in miscele aria-acqua. [6 ore]

II MODULO

Esercitazioni

Problemi di scambio termico bifase sui seguenti argomenti:
scambio termico in regime di ebollizione stagnante e con deflusso; [4 ore]
crisi termica e scambio termico in ultracrisi; [2 ore]
condensazione e calcolo di un condensatore; [4 ore]

III MODULO

Esercitazioni e laboratorio computazionale

Soluzione al calcolatore di vari problemi (1-D/2-D, stazionario/transitorio, scalare/vettoriale) di termofluidodinamica, utilizzando software preesistente basato sui volumi finiti. 5 PC Pentium, con clock variabili da 400 MHz a 1 GHz e RAM da 128 a 256 MB, e 1 workstation DEC Alpha, con clock a 433 MHz e 256 MB di RAM, sono disponibili presso il Laboratorio di termoidraulica computazionale del Dipartimento di Energetica.

Bibliografia

Per i moduli di termoidraulica dei fluidi bifase

P. B. Whalley, "Boiling, condensation and gas-liquid flow" (Clarendon, Oxford, 1987).

A.E. Bergles et al, "Two-Phase Flow and Heat Transfer in the Power and Process Industries" (Hemisphere, Washington, 1981).

J.G. Collier, J.R. Thome, "Convective Boiling and Condensation" (Clarendon, Oxford, 1996)

Per il modulo di metodi numerici:

R.Peyret and T.D.Taylor, "Computational Methods for Fluid Flow" (Springer, New York, 1985).

C.Johnson, "Numerical Solutions of Partial Differential Equations by the Finite Element Method" (University Press, Cambridge, 1987).

J.H.Ferziger and M.Peric, "Computational Methods for Fluid Dynamics" (Springer, New York, 1996).

Esame

Per i moduli di termoidraulica dei fluidi bifase: esame orale con discussione degli elaborati delle esercitazioni di laboratorio.

Per il modulo di metodi numerici: discussione delle esercitazioni al calcolatore e breve esame orale sulla parte di teoria.

Q6010 TERMOTECNICA DEL REATTORE

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Bruno PANELLA , Esercitazioni: Mario MALANDRONE (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Il corso intende approfondire il funzionamento termoidraulico dei reattori nucleari, fornendo le metodologie per affrontare problemi di scambio termico e moto dei fluidi in impianti ad alto flusso termico.

Esso è costituito da due moduli didattici: Termoidraulica dei sistemi nucleari; Progetto termoidraulico del nocciolo.

Nel primo modulo dopo aver analizzato gli aspetti generali e peculiari della metodologia del progetto termoidraulico del nocciolo dei reattori, vengono analizzati i principali problemi dei sistemi nucleari quali la distribuzione di potenza nel nocciolo, i fattori di canale caldo e il mescolamento tra i canali aperti illustrandone i modelli e i codici di calcolo usati; vengono poi calcolati scambiatori di calore e condensatori.

Il secondo modulo affronta dettagliatamente il progetto termoidraulico del nocciolo con particolare riferimento ai reattori ad acqua illustrando le correlazioni usate nei codici di calcolo; vengono approfonditi i modelli e le correlazioni di progetto della crisi termica, estendendoli alle situazioni di altissimi flussi termici per applicazioni quali il carico termico sulla prima parete dei reattori a fusione; nelle esercitazioni viene svolto il calcolo termoidraulico del nocciolo di un reattore ad acqua.

Il secondo modulo richiede la conoscenza degli argomenti del primo modulo.

Programma

1. TERMOIDRAULICA DEI SISTEMI NUCLEARI (50 %)

1.1. Richiami di impiantistica nucleare; circuito primario di raffreddamento; tipologie geometriche dei sottocanali; confronto dei parametri termoidraulici dei noccioli: potenza specifica, densità di potenza, flusso termico, potenza lineare; scelta dei parametri in relazione ai margini di sicurezza ed evoluzione del progetto; scelta di fluido refrigerante, salto entalpico, portata, pressione (6 ore).

1.2. Metodologia del progetto a seconda della tipologia di impianto; interazione tra i principali sottoprogetti: neutronico, termoidraulico, meccanico, dei materiali; progetto della geometria della cella, dell'arricchimento e del burnup sulla base di criteri neutronici, termici ed economici; diagramma a blocchi del progetto del nocciolo di un reattore veloce; progetto termico del nocciolo: limiti del progetto termico della barretta di combustibile per reattori ad acqua, a metallo liquido e a gas; comportamento del combustibile e meccanismi di guasto della barretta (8 ore)

1.3. Generazione di potenza nel nocciolo; distribuzione di potenza in un reattore nudo, omogeneo ed effetto delle barre di controllo, delle intercapedini, dell'arricchimento, della depressione del flusso, del ricambio di combustibile; fattori di forma e di canale caldo: sottofattori ingegneristici per il flusso termico, per il salto entalpico e per i salti di temperatura; distribuzione assiale a coseno e piccata; effetto dei fattori di canale caldo sul salto entalpico; portata di bypass; progetto preliminare del nocciolo di un LWR; orifiziatura; crisi termica e scelta della portata. (8ore)

1.4. Metodi statistici applicati alle tecnologie nucleari: determinazione dei fattori di canale caldo ingegneristici (2 ore)

1.5. Mescolamento tra canali aperti adiacenti: meccanismi fisici; equazioni di conservazione secondo i codici COBRA e THINC; parametro di mixing turbolento e correlazioni; mixing bifase: modelli e correlazioni del codice MIXER; procedure di calcolo e tecniche numeriche dei codici termoidraulici a canali aperti(10 ore)

2. PROGETTO TERMOIDRAULICO DEL NOCCIOLIO (50%)

2.1 Calcolo termoidraulico del nocciolo di un Pwr a inizio e a fine vita; calcolo del canale caldo; profili di temperatura del refrigerante della parete della barretta, della guaina, della pastiglia, di centrobarra

; integrale di conducibilità, fattore di depressioni del flusso; ebollizione sulla parete: correlazione di Jens-Lottes; modello di Bowring e altre correlazioni del codice termoidraulico THINC per la regione di non equilibrio termodinamico; resistenza termica del gap caldo; calcolo della pressione nella barretta a fine vita; effetto dell'ossido e delle incrostazioni sul campo termico; calcolo delle cadute di pressione nel nocciolo(14 ore)

2.2 Calcolo termoidraulico del nocciolo di un BWR: distribuzione di portata tra canali; potenza e portata attiva; calcolo del titolo in ebollizione sottoraffreddata e satura; calcolo delle cadute di pressione monofase e bifase nel canale e nelle griglie; correlazioni del codice ISCOR(4 ore)

2.3 Crisi termica: definizioni ed interpretazioni fenomenologiche, modelli e correlazioni in pool boiling; meccanismi di crisi in convezione ed effetto dei principali parametri termoidraulici; effetto della distribuzione del flusso; modelli del DNB e correlazioni; modelli del dryout e correlazioni di progetto per PWR: W3, fattore di Tong, fattore di griglia; correlazioni per bassissime portate e in transitorio; correlazioni di progetto per BWR: Hench Levy, CISE, GEXL; crisi termica limitata da Flooding; asportazione di altissimi flussi termici nel divertore dei reattori a fusione: meccanismi fisici, modelli e confronto con dati sperimentali. Valutazione statistica del margine di crisi termica(18 ore)

Laboratori e/o esercitazioni

Esercitazioni

Calcolo termoidraulico del sottocanal caldo del nocciolo di un reattore ad acqua (6 ore)

Calcolo termoidraulico di scambiatori di calore e condensatori (12 ore)

Laboratorio

Uso del calcolatore per lo sviluppo dei modelli di calcolo termoidraulico presso il laboratorio di Termoidraulica computazionale del Dipartimento di Energetica (18 ore)

Bibliografia

Appunti del docente.

N.E. Todreas and M.S. Kazimi, 'Nuclear systems', Vol. I, II, Hemisphere, 1990.

R.T. Lahey and F.J. Moody, 'The thermal-hydraulics of a boiling water reactor', American Nuclear Society, New York, 1993.

L.S. Tong and J. Weisman, 'Thermal analysis of pressurized water reactors', American Nuclear Society, La Grange Park, 1996.

B. Panella, 'Reattori nucleari ad acqua leggera', Celid, Torino, 1981.

Esame

La valutazione si basa sull'esame orale alla fine del corso e sulle esercitazioni svolte durante l'anno.

Le esercitazioni, che prevedono l'uso del laboratorio informatico di termoidraulica del Dipartimento di Energetica, corrette, costituiscono esonero per i capitoli 1.1, 1.2, 1.3, 2.1.

Q6050 TRASPORTO DI PARTICELLE E DI RADIAZIONE

| | |
|----------|---|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 10 |
| Docente: | Gianni COPPA (Dipartimento di Energetica) |

Presentazione del corso

Lo studio dei sistemi fisici costituiti da un numero molto elevato di particelle (i fluidi e i gas ionizzati, i neutroni e la radiazione nella materia) in linea di principio richiede l'uso di un numero altrettanto elevato di variabili per la loro descrizione. Sovente però i fenomeni di interesse possono venire descritti correttamente per mezzo di pochi parametri macroscopici. Lo scopo principale del primo modulo del corso (Teoria del Trasporto) è appunto mostrare come l'analisi statistica e l'esistenza di scale temporali diverse nell'evoluzione di un sistema permettano una descrizione semplificata ma appropriata ai diversi fenomeni. Inoltre, saranno descritti i modelli cinetici di maggiore rilevanza nelle applicazioni, inquadrandoli da un punto di vista unitario. Nel secondo modulo del corso (Fisica e applicazioni dei gas debolmente ionizzati) la teoria generale sviluppata nel primo modulo viene utilizzata per lo studio dei processi basati su plasmi a basso grado di ionizzazione, che trovano un numero sempre crescente di applicazioni nella moderna tecnologia (in particolare, nei processi chimici e metallurgici, nell'eliminazione di rifiuti tossici, nel trattamento delle superfici e nell'industria microelettronica), in quanto non solo presentano un'efficienza superiore rispetto alle corrispondenti tecniche tradizionali, ma permettono di raggiungere obiettivi di interesse industriale il cui ottenimento sarebbe altrimenti di estrema difficoltà. Il modulo fornisce allo studente gli strumenti fondamentali per lo studio dei gas debolmente ionizzati, partendo dalla teoria del trasporto di sistemi di particelle cariche e neutre interagenti fino ad arrivare ai modelli per lo studio di dispositivi di interesse pratico.

Programma

TEORIA DEL TRASPORTO (50%)

Equazione di Boltzmann per i gas

Modello semplificato monodimensionale per una miscela di gas, dinamica delle collisioni e sezioni d'urto, derivazione dell'equazione di Boltzmann, teorema H, distribuzione di Maxwell-Boltzmann, cenni sulle condizioni al contorno e sugli apparenti paradossi del modello.

Derivazione rigorosa delle equazioni cinetiche

Funzioni di densità ad una e più particelle, equazione di Liouville, catena di Bogolyubov-Born-Green-Kirkwood-Yvon, campo autoconsistente, integrale degli urti, cenni sull'ipotesi di Bogolyubov, metodo multiple-time scale.

Derivazione delle equazioni dei fluidi a partire dalle equazioni cinetiche

Derivazione e interpretazione fisica dei parametri macroscopici di un fluido a partire dalla distribuzione microscopica, equazioni di continuità, cenni al metodo di Chapman-Enskog, soluzioni di ordine zero (equazioni dei fluidi ideali) e di ordine uno (modello di Navier-Stokes-Fourier).

Equazione del trasporto lineare

Equazione del trasporto lineare, formulazione integrale dell'equazione, modello monocinetico, soluzioni analitiche elementari.

Distribuzione energetica dei neutroni nella materia

Raffattamento dei neutroni in idrogeno, rallentamento continuo, funzione di Placzek, cenni sul calcolo delle risonanze e sullo studio dei mezzi eterogenei.

Equazioni cinetiche per sistemi non collisionali

Equazione di Vlasov, evoluzione di perturbazioni in plasmi non collisionali, two-stream instability, smorzamento di Landau.

FISICA E APPLICAZIONI DEI GAS DEBOLMENTE IONIZZATI (50%)

Introduzione

Classificazione delle scariche nei gas, panoramica delle applicazioni dei gas debolmente ionizzati.

Processi elementari nei gas ionizzati

Collisioni tra atomi, ioni ed elettroni, principali sezioni d'urto, concetto di sezione d'urto di trasporto, proprietà elementari dei plasmi, concetto di breakdown.

Teoria cinetica dei gas debolmente ionizzati

Equazione del trasporto per le particelle cariche, equazione dei momenti, mobilità, modello drift-diffusion, diffusione ambipolare, equazione dell'energia, soluzione P1 dell'equazione del trasporto, distribuzione energetica degli elettroni.

Applicazioni industriali dei gas ionizzati.

Gas ionizzati in non equilibrio termodinamico, scariche a bagliore capacitive ed induttive, applicazioni alla tecnologia dei materiali, plasmi termici, scariche ad arco, torce ad induzione.

Laboratori e/o esercitazioni

Le esercitazioni prevedono:

I MODULO

- a) la soluzione di problemi relativi alla teoria presentata a lezione
- b) l'utilizzo di programmi al calcolatore per la simulazione di fenomeni di tipo cinetico.

II MODULO

- a) la soluzione di problemi relativi alla teoria presentata a lezione
- b) l'utilizzo di programmi al calcolatore per la simulazione di dispositivi industriali che fanno uso di gas debolmente ionizzati.

Bibliografia

- P. Schram, Kinetic Theory of Gases and Plasmas, Kluwer Academic Publisher, Londra, 1991.
G. Coppa, Lezioni sulla Teoria del Trasporto, Politecnico di Torino, 1999.
Yu. Raizer, Gas Discharge Physics, Springer, Berlino, 1991.
V.E. Golant, A.P. Zilinskij, S.E. Sacharov, Fondamenti di Fisica dei Plasmi, MIR, Mosca, 1983.
M.A. Lieberman, A.J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Material Processing, Wiley, New York, 1994.

Esame

Per sostenere l'esame occorre consegnare una relazione su argomenti sviluppati nelle esercitazioni. L'esame consiste in una prova scritta di tipo teorico, seguita da un colloquio orale in cui vengono discusse la prova scritta e la relazione.

DIAGNOSI DEL RISCHIO DELL'AMBIENTE

Autore: **FRANCESCO**
Coautore: **FRANCESCO**
Presidente del collegio: **FRANCESCO**
Docente: **FRANCESCO**

Presentazione del corso

Il corso si propone di fornire una preparazione specifica di base sulla normativa comunitaria e italiana in materia di tutela dell'ambiente di interesse ambientale e di rischi ambientali. Una prima parte verrà dedicata ai principi generali, alla tutela dell'ambiente e al ruolo delle competizioni pubbliche e alla normativa comunitaria alla base. Successivamente, in termini generali, delle procedure amministrative e autorizzative. Seguirà una trattazione sistematica delle discipline di settore: **SCIENZE UMANE** (1) l'attività di cura, elettrodomestici, materiali, la tutela della disciplina dei rischi industriali.

Programma

Norme comunitarie generali e fondamentali, i principi costituzionali di tutela ambientale. L'ambiente europeo e intervento in materia ambientale, dal recepimento delle direttive alla attuazione del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali delle attività amministrative, della protezione dei beni ambientali, del diritto amministrativo. L'attività delle competizioni autorizzate: il Governo e il Ministero dell'ambiente, le Regioni, gli enti locali (Province, Comuni e Comuni intercomunali), gli organismi tecnico-consulenziali statali e locali.

Procedimenti amministrativi in materia ambientale in materia ambientale. Le autorizzazioni in materia ambientale: i procedimenti, i criteri e le procedure, le procedure di controllo.

La disciplina di settore: la valutazione di impatto ambientale, il danno ambientale, l'inquinamento acido e la gestione delle risorse idriche, l'inquinamento atmosferico, la gestione dei rifiuti, l'inquinamento acustico, l'inquinamento elettromagnetico, l'inquinamento luminoso, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie, le normative italiane (Normative, norme di attuazione, attuazione, attuazione, attuazione).

Bibliografia

R. Ferrara - S. Paschia - M. Chivari (a cura di), *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1998.
R. Ferrara - R. Lombardi, *Corso dell'ambiente*, Cedam, Padova, 2000.
Altri testi e supporti didattici e partecipazioni: Si verranno indicati dal docente su testi specifici.

Esame

L'esame consiste in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulla base di un esame scritto e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere eseguita negli atenei la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Riccardo MONTANARO |

Presentazione del corso

Il corso si propone di fornire una preparazione giuridica di base sulla normativa comunitaria e interna in materia di tutela dell'ambiente, di lotta agli inquinamenti e di rischi industriali. Una prima parte verrà dedicata ai profili istituzionali, alle fonti del diritto ambientale e all'assetto delle competenze; particolare attenzione verrà dedicata alla illustrazione, in termini generali, delle procedure pianificatorie e autorizzatorie. Seguirà una trattazione sistematica delle discipline di settore (inquinamento idrico, atmosferico, da rifiuti, elettromagnetico, luminoso). Un ambito specifico verrà dedicato alla disciplina dei rischi industriali.

Programma

Nozioni generali: ambiente e inquinamento. I principi costituzionali in materia ambientale. L'Unione Europea e l'intervento in materia ambientale: dal ravvicinamento delle legislazioni alla fondazione del diritto ambientale in sede comunitaria. I principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, della prevenzione, della protezione dei beni fondamentali, del "chi inquina paga". L'assetto delle competenze interne: il Governo e il Ministero dell'Ambiente; le Regioni; gli enti locali (Province, Comuni e Consorzi intercomunali); gli organismi tecnico-consultivi statali e locali.

I procedimenti amministrativi in materia ambientale: la pianificazione; le autorizzazioni (presupposti soggettivi e oggettivi; il procedimento; criteri e prescrizioni); le procedure di controllo.

Le discipline di settore: la Valutazione di Impatto Ambientale; il danno ambientale; l'inquinamento idrico e la gestione delle risorse idriche; l'inquinamento atmosferico; la gestione dei rifiuti; l'inquinamento acustico; l'inquinamento elettromagnetico; l'inquinamento luminoso; prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).

La disciplina dei rischi industriali: le direttive comunitarie; la normativa interna (definizioni, ambito di applicazione, evoluzione, contenuto, criticità).

Bibliografia

R. Ferrara - F. Fracchia - N. Olivetti Rason, *Diritto dell'ambiente*, Laterza, Bari, 1999

R Ferrara - R. Lombardi, *Codice dell'Ambiente*, Cedam, Padova, 2000

Altri testi e apporti dottrinari e giurisprudenziali verranno indicati dal docente su temi specifici.

Esame

L'esame consisterà in una verifica orale delle conoscenze acquisite, sulle tematiche di ordine generale e specifico. Nell'ambito del corso potrà essere assegnata agli studenti la redazione di relazioni scritte su tematiche specifiche, da discutere in sede di esame orale.

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Roberto SALIZZONI |

Presentazione del corso

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. È possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

Programma

Arte, linguaggio e comunicazione (L'ecologia della mente secondo Bateson; i diversi modi di concepire l'inconscio da Freud alla "prammatica della comunicazione"; stile, grazia e bellezza come condizioni della comunicazione).

Arte, tecnica, natura (Il rapporto tra arte, mito e scienza secondo C. Lévi-Strauss; l'arte come risposta possibile allo sviluppo della tecnica secondo W. Benjamin; tecnica e natura in M. Heidegger).

Creazione e ricezione dell'opera (R. Jauss e il piacere estetico; il problema dell'autore secondo l'ermeneutica).

Laboratori e/o esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia

Bibliografia

- W. Tatarkiewicz, Storia di sei Idee, Palermo, Aesthetica
- C. W. Benjamin, L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica, Torino, Einaudi.
- C. Lévi-Strauss, Il pensiero selvaggio, Milano, il Saggiatore
- G. Bateson, Verso un'ecologia della mente, Milano, Adelphi
- H.R. Jauss, Apologia dell'esperienza estetica, Torino, Einaudi
- T. W. Adorno, Teoria estetica, Torino, Einaudi
- M. Heidegger, Saggi e discorsi, Milano, Mursia.

Esame

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

01DAP ESTETICA B

| | |
|--------------------------|-------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 2 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Roberto SALIZZONI |

Presentazione del corso

Il corso si propone di illustrare le principali posizioni espresse nel corso del Novecento dalla filosofia e dalle scienze umane sui temi dell'arte e della bellezza. Estetica filosofica, antropologia, sociologia e psicologia, in un rapporto di dialogo e di reciproco scambio, elaborano teorie ed analisi dei fatti artistici e dei fenomeni della bellezza. È possibile percorrere, seguendo i fili tematici dell'estetica, le aree più interessanti del discorso filosofico ed umanistico del nostro secolo. Il corso propone alcuni di questi percorsi, mirando a chiarire le diverse prospettive metodologiche, a mettere a punto un lessico filosofico essenziale, a introdurre gli autori più significativi.

Programma

In particolare il modulo B propone sviluppi del modulo A attraverso temi e problemi più vicini alla prassi artistica ed estetica in generale
L'arte astratta e le sue interpretazioni. Museo, collezione, esposizione. Il paesaggio come problema estetico.

Laboratori e/o esercitazioni

Durante il corso saranno introdotte e commentate parti determinate delle opere indicate in bibliografia.

Bibliografia

AA. VV., *The spiritual in Art: Abstract Painting 1890-1985*, New York, Abbeville
S. Stewart, *On Longing*, Londra, Duke Univ. Press
J. Clifford, *I frutti puri impazziscono*, Torino, Bollati; e dello stesso autore *Strade*, Torino, Bollati.

Esame

Sono previste prove scritte di verifica durante il corso e come prova finale.

| | |
|--------------------------|--------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Paolo VINEIS |

Presentazione del corso

Secondo una diffusa interpretazione la descrizione della natura avviene tramite proposizioni osservative il cui significato non cambia col mutare delle teorie; e le teorie devono il loro valore di verità alla possibilità di tradurle, secondo regole univoche di corrispondenza, in proposizioni osservative. Anche nell'etica troviamo un analogo programma consistente nel derivare decisioni certe da premesse universali associate a regole deduttive (il cosiddetto "principalismo"). Tutti e due i modelli sono entrati in crisi negli ultimi decenni. Esistono però soluzioni alternative. Comune alle proposte di soluzione è la transizione da una concezione basata su leggi univoche e universali ad una concezione più debole fondata su "fuzzy sets". Nelle scienze la teoria dei fuzzy sets si applica per esempio nella classificazione delle specie animali, o delle malattie umane: essa trae essenzialmente origine dalla idea wittgensteiniana delle classificazioni politetiche (l'appartenenza alla stessa classe non avviene sulla base di un unico criterio ma di più criteri embricati, come in una corda formata di tanti fili nessuno dei quali è lungo quanto la corda stessa). Anche in campo etico la teoria dei fuzzy sets sembra di una certa utilità: perfino principi categorici come "non uccidere" perdono la loro assolutezza in contesti particolari. La teoria dei fuzzy sets può consentire di risolvere intricati problemi etici e di tener conto del contesto nel formulare un giudizio etico.

Programma

L'etica ambientale: le diverse correnti contemporanee. Il paradigma di Georgetown. La tradizione americana e quella europea. Le difficoltà della teoria etica in rapporto con l'evoluzione delle tecnologie. Esempi: la riproduzione assistita, i cibi geneticamente modificati, i tests genetici. Il concetto di fuzzy set applicato alle scienze. Teoria della classificazione. Il concetto di fuzzy set applicato all'etica.

Bibliografia

- S. Bartolommei: *Etica e natura*. Laterza, 1995
R. Dworkin: *Il dominio della vita*. Edizioni di Comunità, 1994
P. Vineis: *Nel crepuscolo della probabilità*. Einaudi Editore, 1999
Mark Johnson: *Moral Imagination*. University Chicago Press, 1993.

Esame

Si baserà sulla discussione di un caso presentato dallo studente.

01DAQ **FILOSOFIA DELLA MENTE A (MENTE, CERVELLO E COMPUTER)**

Periodo: 4

Crediti: 3

Precedenze obbligatorie:

Docente: **Alberto VOLTOLINI**

Presentazione del corso

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

Programma

- Il dualismo cartesiano: mente e corpo come sostanze separate.
- Il rifiuto della mente: il programma comportamentista. Limiti del programma.
- Il materialismo radicale e quello moderato: varie teorie dell'identità tra stati mentali e stati cerebrali.
- Il programma funzionalista e l'idea di 'realizzabilità multipla' di uno stato mentale.
- Il funzionalismo computazionale: la mente come un computer. Macchine di Turing, test di Turing; le obiezioni (l'argomento di Searle della 'stanza cinese').

Bibliografia

Testo di riferimento:

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

| | |
|--------------------------|-------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 2 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Alberto VOLTOLINI |

Presentazione del corso

Il corso si incentrerà in due parti, la prima di base (A) e la seconda di approfondimento tematico (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si fronteggiano nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cos'è uno stato mentale: la prospettiva dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice, come funzionalismo causale, quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare specifica attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive da un lato e dell'intelligenza artificiale dall'altro rende sempre più attuale, ossia se il paragone tra la mente e il computer fornisca la chiave per comprendere che cos'è davvero la mente o sia soltanto uno strumento utile per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di queste prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cos'è la causalazione mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'esistenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

Programma

- Il rapporto mente-corpo: sono gli stati mentali causalmente efficaci?
- Il carattere qualitativo del mentale: che cos'è per uno stato mentale l'apparire al suo soggetto come dotato di certe qualità soggettive?
- Il problema del contenuto mentale. L'importanza del contenuto per l'individuazione di uno stato mentale; irriducibilità o meno della proprietà di avere un contenuto per uno stato mentale.
- La questione della 'naturalizzazione dell'intenzionalità': il vertere di uno stato mentale su un certo oggetto è una proprietà che appartiene all'ordine naturale del mondo?

Bibliografia

Testo di riferimento:

Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

Testi di consultazione:

M. Salucci, *Mente/Corpo*, La Nuova Italia, Firenze 1997.

R. Lanfredini, *Intenzionalità*, La Nuova Italia, Firenze 1998.

Esame

L'esame prevederà a fianco della prova orale anche la presentazione di una relazione scritta su un tema trattato nel corso.

Presentazioni del corso

Il corso si incentrerà in due parti: la prima di base (A) e la seconda di approfondimenti tematici (B). Nella prima parte saranno presentate alcune prospettive fondamentali che si pongono nell'ambito di filosofia della mente intorno alla questione di che cosa sia mente: le prospettive dualista, quella comportamentista, quella materialista e quella funzionalista. Quest'ultima sarà vista tanto nella versione più semplice come funzionalismo causale quanto nella sua versione più sofisticata, il funzionalismo computazionale. Questa versione permetterà di dedicare particolare attenzione ad un problema che il vertiginoso sviluppo delle scienze cognitive ha reso centrale: l'articolazione dell'attività mentale sempre più attuale, ossia se il cervello (e il computer) fornisce la chiave per comprendere che cosa è davvero la mente e il computer fornisce la chiave per comprendere che cosa è davvero la mente e il computer fornisce la chiave per capire il suo funzionamento. Attraverso l'analisi di diverse prospettive, si cercherà di illustrare le due fondamentali opzioni filosofiche che si fronteggiano a proposito della mente: la concezione riduzionista, per cui tutto ciò che è mentale rientra nell'ordine naturale del mondo e può dunque in linea di principio essere studiato dalle scienze naturali, e quella anti-riduzionista, per cui la mente ha certe proprietà speciali, per cui non può essere completamente compresa dalla scienza. Nella seconda parte, i temi trattati nella prima parte verranno riconsiderati alla luce della questione di che cosa è la coscienza mentale, ossia del rapporto mente - corpo (cervello) e il problema della loro interazione, e di quali sono gli ostacoli alla realizzazione di un programma di naturalizzazione della mente: il carattere qualitativo e soggettivo degli stati mentali, l'assenza dei contenuti mentali e dell'intenzionalità, cioè del fatto che gli stati mentali vertano su cose ed eventi del mondo.

Programma

- Il rapporto mente-corpo come la sua mentali causalmente efficaci?
- Il carattere qualitativo del mentale: che cosa è per uno stato mentale l'apparire al suo soggetto come dotato di certe qualità soggettive?
- Il problema del rapporto mente-corpo: l'importanza del contenuto per l'individuazione di uno stato mentale: l'irriducibilità a meno della proprietà di avere un contenuto per uno stato mentale.
- La questione della "naturalizzazione dell'intenzionalità": il verve di uno stato mentale in un certo oggetto è una proprietà che appartiene all'ordine naturale del mondo?

Bibliografia

- Testo di riferimento:
Di Francesco, M., *Introduzione alla filosofia della mente*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1996.

01DAY FILOSOFIA E SCIENZA DEL NOVECENTO

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Franca D'AGOSTINI |

Presentazione del corso

Obiettivo del corso è fornire un'immagine chiara e sintetica della situazione della filosofia nel secolo appena trascorso, utilizzando il filo conduttore dei rapporti tra filosofia e scienza. In particolare, sono distinte tre linee orientative nello sviluppo del pensiero del Novecento: a) una filosofia scientifica, ossia rigorosa e orientata al dialogo con la scienza; b) una filosofia che si presenta come alternativa alla scienza e che ritiene di essere in grado di criticare la razionalità scientifica; c) una scienza tendente a ereditare le domande fondamentali della filosofia (ad esempio quali la sociologia, la biologia o la psicoanalisi, che tendono a presentarsi come equivalente moderno di quel che era la filosofia nell'Ottocento).

Il corso intende fornire, di ciascuna delle tre impostazioni, alcuni esempi particolarmente indicativi per comprendere i problemi, le condizioni e le opportunità dei rapporti attuali tra filosofia e scienza.

Programma

- Due filosofi-scienziati: Freud e Frege (premessa: la filosofia e le scienze del pensiero nei primi anni del Novecento)
- Neopositivismo e filosofia analitica (premessa: l'uso della logica formale in filosofia negli anni trenta-cinquanta)
- Esistenzialismo ed ermeneutica (premessa: la filosofia e il problema dell'essere).

Bibliografia

Testo d'esame:

F. D'Agostini, *Breve storia della filosofia nel Novecento. L'anomalia paradigmatica*, Einaudi, Torino 1999, capp.: 2, 3, 7, 8, 9, 11

Un testo a scelta tra i seguenti:

G. Frege, "Il pensiero", in *Ricerche logiche*, Guerini, Milano;

S. Freud, un breve testo a scelta da concordare;

R. Carnap, *Introduzione a La costruzione scientifica del mondo*, Utet, Torino;

R. Carnap, "Oltrepassamento della metafisica", in A. Pasquinelli, *Il neoempirismo*, Utet, Torino;

K. Mulligan, "Metaphysique et ontologie", in P. Engel, *Précis de philosophie analytique*, P. U. F.

M. Heidegger, *Introduzione a Essere e tempo*, Longanesi, Milano.

Esame

Si prevedono esercitazioni orali di commento ai testi e di analisi dei problemi.

Per sostenere l'esame, il candidato dovrà aver partecipato alle esercitazioni scritte e orali svolte durante il corso. L'esame finale prevede una prova orale articolata in due parti: nella prima il candidato dovrà dimostrare la conoscenza dei testi previsti; nella seconda dovrà illustrare documentatamente e criticamente le ragioni di ciascuna delle tre impostazioni studiate (questa seconda parte della prova può essere sostituita con una relazione scritta).

Finalità del corso

Il corso ha lo scopo di fornire un'analisi critica e sintetica della situazione della filosofia nel secolo appena trascorso, delineando il suo contenuto nel rapporto tra filosofia e scienze. In particolare, sono da trattare le linee orientative dello sviluppo del pensiero del Novecento: la filosofia analitica, la fenomenologia, la filosofia esistenziale, la filosofia marxista, la filosofia della scienza e che tiene di conto di criticare le tendenze scientifiche di una scienza tendente a ridurre le strutture fondamentali della filosofia (ad esempio, la psicologia, la biologia, la sociologia, ecc.) a problemi e problemi a problemi come epistemologia moderna di quei che era in filosofia (ad esempio).

Il corso intende fornire di ciascuna delle tre impostazioni, alcuni esempi particolari, per indicare per comprendere i problemi, le condizioni e le opportunità del rapporto attuale tra filosofia e scienze.

Programma

Una filosofia-scienza: Freud e Freud, la filosofia e le scienze del pensiero nel primo anni del Novecento.
Filosofia analitica e filosofia analitica: l'uso della logica formale in filosofia negli anni trenta-quaranta.
Fenomenologia ed epistemologia: la filosofia e il problema della scienza.

Bibliografia

Testi di esame:
E. D'Agostino, Breve storia della filosofia nel Novecento, L'annozero paradigmatico, Einaudi, Torino 1999, cap. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
Un testo a scelta tra i seguenti:
G. Frege, "Il pensiero", in *Logische Sprache*, Garzanti, Milano.
S. Freud, *Un breve testo a scelta da comprendere*.
E. Cassirer, *Introduzione a la filosofia scientifica del mondo*, Utet, Torino.
R. Carnap, *Orizzonte della metafisica*, in A. Pasquella, *Il seicento*, Utet, Torino.
K. Müller, *Metaphysik und Logik*, in P. Engel, *Trattato di filosofia analitica*, P.U.P.
M. Heidegger, *Introduzione a Kant e a tempo*, Loescher, Milano.

Esame

Si prevedono esercitazioni orali di commento ai testi e di analisi dei problemi.

01CCA INTRODUZIONE AL PENSIERO CONTEMPORANEO

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Marilena ANDRONICO |

Presentazione del corso

Il corso si propone di presentare, ad un livello elementare, concetti, metodi, ed esempi della ricerca filosofica classica e attuale, in vari campi (metafisica, epistemologia,, filosofia della mente, filosofia morale, filosofia del linguaggio, filosofia politica). Sarà sottolineata la struttura argomentativa del discorso filosofico, cioè si cercherà di mettere in evidenza in che modo e con quali argomenti sono sostenute le diverse tesi filosofiche di volta in volta esaminate.

Programma

Che cos'è la filosofia? Alcune concezioni della filosofia in: Aristotele, Stoicismo, Locke, Cartesio, Hegel, Wittgenstein; la distinzione tra filosofia analitica e filosofia continentale.

La conoscenza del mondo esterno e il punto di vista scettico

La conoscenza scientifica (concezione ingenua della scienza - induzione - falsificazionismo)

Verità: definizioni di verità e criteri di verità; corrispondenza e coerenza, giustificazione, verificazione; realismo e antirealismo.

Linguaggio e significato (la teoria di Frege - la teoria di Kripke - le idee di Wittgenstein)

Il problema mente-corpo (dualismo - riduzionismo - funzionalismo).

L'esistenza di Dio (argomenti per l'esistenza di Dio; Dio e il male).

Libero arbitrio e determinismo.

Giusto e sbagliato in senso morale (ci sono argomenti per l'altruismo? I principi e i valori morali sono universali?).

Giustizia, uguaglianza e libertà: nozioni di filosofia politica.

Bibliografia

N. Warburton, Il primo libro di filosofia, Einaudi, Torino 1999 e T. Nagel, Una brevissima introduzione alla filosofia, Il Saggiatore, Milano 1989, saranno i testi base.

Saranno inoltre usati parti di R. Popkin, A. Stroll, Filosofia per tutti, Il saggiatore, Milano 1997; A. F. Chalmers, Che cos'è questa scienza? - La sua natura e i suoi metodi, Il mulino, Bologna 1992; A. C. Grayling, An introduction to philosophical logic, The harvest press, Sussex, 1982.

Esame

L'esame prevederà la presentazione di una relazione scritta su un testo filosofico concordato col docente, e un compito scritto finale.

01CJQ SOCIOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA A

| | |
|--------------------------|------------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Chiara OTTAVIANO |

Presentazione del corso

Il corso mira a fornire strumenti di conoscenza utili per orientarsi all'interno della società contemporanea, oggi in profonda trasformazione anche rispetto alle innovazioni in corso nei modi e sistemi di comunicazioni. Non si tratta però solo di capire cosa ha implicato in tempi recenti la cosiddetta rivoluzione digitale, ma di comprendere come, sin dalle sue origini, i modi di produzione delle società industriali siano stati profondamente condizionati dai modi di comunicazione e trasmissione delle informazioni. Il corso avrà pertanto carattere interdisciplinare con punti di vista sociologici, economici, storici, culturali. Un'attenzione particolare sarà dedicata alle professioni e alle istituzioni coinvolte, nell'industria e nel mercato, ma anche al ruolo degli utenti finali, i consumatori, che possono o meno adottare le opportunità tecnologiche offerte. L'analisi di alcuni casi relativi all'introduzione di ormai "vecchi" mezzi di comunicazione sarà di ausilio per un approccio critico alla lettura di alcune ipotesi, oggi diffuse, intorno agli effetti e alle conseguenze delle cosiddette nuove tecnologie della comunicazione.

La stessa definizione di comunicazione di massa, coniata negli anni trenta, appare oggi non del tutto adeguata, giacché non comprende le innovazioni, tecniche e sociali, introdotte dalla telematica e dai mezzi che consentono interattività (in particolare Internet).

Laboratori e/o esercitazioni

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

Programma

La cosiddetta "società dell'informazione": definizioni e quadro teorico

Le tesi di J. Beniger sulla "rivoluzione del controllo", in riferimento all'origine della società dell'informazione.

Cenni sulla storia e l'evoluzione dei mezzi e dei modi di comunicazione

Il tema della negoziazione sociale a proposito dell'introduzione di vecchie e nuove tecnologie della comunicazione: analisi di casi.

Bibliografia

C.Ottaviano, Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem, Torino, Paravia, 1997

J. Meyrowitz, Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

Esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

01CJR **SOCIOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI DI MASSA B**

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Chiara OTTAVIANO |

Presentazione del corso

Il corso è da intendersi come un approfondimento del modulo I.

Al centro dell'attenzione saranno i mezzi di comunicazione di massa, e in particolare la radio, il cinema e la televisione, "agenti di socializzazione" fra i più significativi nella società contemporanea.

L'attenzione sarà rivolta alla tradizione degli studi sociologici sul tema, ma anche agli aspetti relativi al carattere industriale e agli apparati del broadcasting, alle professioni coinvolte, agli aspetti legislativi.

Specifiche esercitazioni saranno dedicate all'analisi del linguaggio audiovisivo con esempi tratti da fonti d'archivio come i cinegiornali, e da fonti coeve, come i telegiornali.

Prerequisiti

Aver superato l'esame del Modulo di Sociologia delle comunicazioni di massa A

Programma

La comunicazione di massa: definizioni e quadro teorico

Cinema e televisione: la riflessione del pensiero sociologico, tesi a confronto.

Il cinema e la televisione: industria, apparati e legislazione nel caso italiano

Il linguaggio audiovisivo: esercizi con il televisore

Sono previste esercitazioni, con specifica attività di ricerca degli studenti, volte ad una riflessione originale e documentata su Internet.

Bibliografia

C. Ottaviano, *Mezzi per comunicare. Storia, società e affari dal telegrafo al modem*, Torino, Paravia, 1997

J. Meyrowitz, *Oltre il senso del luogo. L'impatto dei media elettronici nel comportamento sociale*, Bologna, Baskerville 1993

Nel corso delle lezioni saranno forniti materiali in fotocopia e indicazioni di estratti da altri volumi la cui conoscenza è essenziale per la preparazione all'esame (ca. 250pp), nonché un elenco dei saggi entro il quale il candidato sceglierà un secondo volume da presentare all'esame.

Esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale.

01DAS STORIA CONTEMPORANEA A

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Gian Carlo JOCTEAU |

Presentazione del corso

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

Programma

- La storia contemporanea e le sue periodizzazioni.
- Lo sviluppo economico moderno.
- Il progresso tecnico.
- La rivoluzione industriale inglese e le vie di trasmissione dell'industrializzazione.
- Le vie nazionali all'industrializzazione.
- La crisi delle società di ancien régime.
- L'andamento demografico.
- Classi, ceti e gruppi sociali.
- Lo stato moderno.
- Gli stati liberali.
- Democrazia, socialismo e totalitarismo.
- Gli equilibri geopolitici ed i loro mutamenti.

Bibliografia

- P. Macry, *La società contemporanea. Un'introduzione storica*, Il Mulino, Bologna, 1995
- S. Pollard, *La conquista pacifica. L'industrializzazione in Europa dal 1760 al 1970*, Il Mulino, Bologna, 1989.

Esame

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 2 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Gian Carlo JOCTEAU |

Presentazione del corso

Il corso intende fornire agli studenti alcune categorie interpretative generali ed elementi di inquadramento cronologico intorno alle principali trasformazioni economiche, sociali e politiche avvenute dalla seconda metà del Settecento ai giorni nostri.

Programma

Approfondimenti del Modulo A; in particolare su:

Nazione e nazionalismo

Persistenza ai mutamenti nell'Europa fra Otto e Novecento

Lo sviluppo economico italiano

Bibliografia

F. Tuccari, *La nazione*, Laterza, Bari, 2000

C. Geertz, *Mondo globale, mondi locali*, Il Mulino, Bologna, 1999

A.J.Mayer, *Il potere dell'ancien régime fino alla prima guerra mondiale*, Roma-Bari, Laterza, 1982

I.Cafagna, *Dualismo e sviluppo nella storia d'Italia*, Marsilio, Venezia, 1989

G.Tomolo, *Storia economica dell'Italia liberale, 1850-1918*. Il Mulino, Bologna, 1988.

Esame

La valutazione finale si baserà su una relazione scritta e su una prova orale.

01DAX **STORIA DELL'INNOVAZIONE** **(L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA PRIMA** **E DOPO LA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE)**

| | |
|--------------------------|-------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Luisa DOLZA |

Presentazione del corso

Il corso intende fornire agli studenti una riflessione sul concetto di innovazione tecnologica in una prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse metodologiche e dal significato storico, economico e sociale della parola stessa: innovazione. le valenze economiche e morali, i segni e i metodi di riconoscimento dell'innovazione si sono modificati nel corso dei secoli. dal mondo antico al rinascimento l'innovazione non è solo cambiamento, e sul significato di "nuovo" e "utile" si soffermano tecnologi, scienziati, studiosi e politici anche prima della rivoluzione industriale. da questo momento chiave per la storia della tecnica e dell'innovazione, cambierà l'ampiezza e l'importanza del dibattito, ma i temi rimarranno pressoché invariati. il corso, articolato su alcuni momenti fondamentali o altamente significativi per l'innovazione tecnologica, prende in esame in parallelo i momenti della storia dell'economia e del pensiero scientifico che hanno modificato o arricchito il significato di innovazione.

Programma

La storia dell'innovazione tecnologica nel mondo moderno e contemporaneo:

- Presentazione del corso: introduzione metodologica e presentazione dei testi di riferimento.
- Il concetto di innovazione: lessico, storia ed economia.
- L'innovazione del rinascimento: da leonardo da vinci agli ingegneri del cinquecento.
- Il seicento e l'innovazione: l'importanza dei gesuiti e le grandi opere idrauliche.
- I bisogni delle corti e l'innovazione nelle prime accademie tecnico scientifiche: gli accademici meccanici e i privilegi reali.
- Lettura e commento di qualche testo particolarmente significativo ed emblematico. Cfr. Alcuni manoscritti di Leonardo, la prefazione del Teatro degli strumenti meccanici e matematici di Jacques Besson, alcuni passi del Trattato dell'ingegno di tesio, le voci in-genio-engine-innovazione nei più importanti dizionari del cinquecento e seicento europeo.
- Il ruolo dell'innovazione nella rivoluzione industriale inglese: la relazione scienza-tecnica.
- Politica e proto-industria nel piemonte preunitario: i privilegi reali, l'Accademia delle Scienze di Torino, Camillo Cavour e Carlo Ignazio Giulio.
- L'innovazione messa in mostra: le grandi esposizioni dell'ottocento.
- I grandi innovatori dell'ottocento e del novecento e i brevetti: il caso americano.
- L'innovazione e la guerra: le fabbriche, le donne e la ricerca tecnologica nelle due guerre mondiali.

- L'innovazione e la religione: il rapporto con le religioni monoteiste dal rinascimento ad oggi.
- Le innovazioni fallite: alcuni casi di innovazioni mancate.
- Innovazione ed industria nel dopoguerra italiano.
- Lettura e commento di testi emblematici per le tematiche affrontate nella seconda parte del corso come, a titolo di esempio, alcuni passi delle opere di Schumpeter, qualche pratica di privilegio dell'ottocento e il Capitale di Marx.

Bibliografia

I testi di base:

C.M. Cipolla, Uomini, tecniche, economie, (Feltrinelli), Milano 1998.

V. Marchis, Storia delle macchine, (ed. Laterza), Roma-Bari 1994.

V. Marchis (a cura di), Storia delle scienze. Vol.v (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico), (Einaudi), Torino 1995.

N. Rosenberg, Dentro la scatola nera, (Il mulino), Bologna 1991.

Per ogni singola tematica saranno indicati, all'inizio del corso, una serie di riferimenti bibliografici specifici.

Esame

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Alberta REBAGLIA |

Presentazione del corso

Il corso intende offrire un panorama quanto più possibile articolato del susseguirsi delle idee che -come presupposti o come conseguenze dirette- risultano essere alla base dello sviluppo tecnologico e scientifico, che ha fortemente improntato il Novecento. I caratteri dell'impresa scientifica contemporanea, tanto nei suoi aspetti 'teorici' (di elaborazione di ipotesi fisiche e di modelli matematici) quanto in quelli 'pratici' (di sperimentazione e di ricerca di laboratorio), sono strettamente connessi ai destini dell'industrializzazione e in generale delle applicazioni di tipo tecnologico. Nel corso verrà posto in evidenza come sia i processi di fabbricazione manifatturiera sia gli attuali sistemi di produzione integrati e globali non sono l'esito di un semplice accumularsi di saperi tecnici. Verrà sottolineato come queste stesse conoscenze di base sono il risultato dell'intrecciarsi e dello stratificarsi di sollecitazioni provenienti da un più vasto ambito di suggestioni e di influenze complessivamente culturali. Colui che svolge un'attività scientifica o tecnologica deve infatti essere pienamente consapevole di operare all'interno di tale sistema dinamico, in un orizzonte collettivo in cui strategie e finalizzazioni dei programmi di ricerca e dei piani di innovazione sono significativamente correlati, e danno luogo a sviluppi coordinati e congruenti, proprio (e soprattutto) in quanto sono collocati all'interno di un tessuto organico di idee, concetti, ragioni che nel loro insieme rappresentano il "clima" culturale di ogni specifica epoca storica.

Programma

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- L'idea di ragione e la nascita della scienza moderna
- L'idea di progresso e il passaggio dall'ambito della tecnica a quello della tecnologia
- L'osservazione empirica nell'epoca dei laboratori scientifici e della ricerca industriale
- Possibilità e limiti della tecnoscienza come impresa collettiva.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

Bibliografia

G. Vattimo, *Tecnica ed esistenza. Una mappa filosofica del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

A. Rebaglia, *Scienza e verità. Introduzione all'epistemologia del Novecento*, Paravia Scriptorium, Torino 1997

Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

Esame

È richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 2 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Alberta REBAGLIA |

Presentazione del corso

Nel corso verranno analizzate le tematiche che si sono sviluppate intorno all'idea centrale di artefatto, avendo quale obiettivo il chiarimento delle profonde trasformazioni subite nell'ambito del pensiero del Novecento da tale concetto, e da quelli a esso correlati di agire, intervenire, inventare. Il rapporto tra 'prodotto artificiale' e 'fatto naturale' ha subito cambiamenti rilevanti; e altrettanto radicalmente modificato risulta essere il nesso tra artefice e oggetto del suo lavoro. Questi mutamenti saranno seguiti a partire da quanto esposto nel modulo A circa l'impostazione concettuale che è alla base della pratica artigianale e dello svolgersi dell'indagine scientifica (entrambe premesse indispensabili all'evoluzione tecnologica e industriale). Si esamineranno, quindi, le molte e significative implicazioni derivanti dai processi di produzione di serie, caratteristici della fase di industrializzazione che ha segnato l'inizio del secolo, e dal successivo sviluppo dell'automazione e degli odierni sistemi di produzione integrati, nei quali l'informatizzazione assume un ruolo sempre più pervasivo che conduce all'affermarsi delle discipline "meccatroniche".

In quest'ultimo contesto -dove si assiste a una crescente "virtualizzazione" dei processi di apprendimento, di progettazione, di produzione, con una conseguente "smaterializzazione" dei beni e dei servizi- l'imporsi dell'inedita categoria del virtuale sarà valutata con attenzione particolare, poiché essa eredita l'idea tradizionale di "artificiale" e la trasforma profondamente, ampliandone i confini all'ambito di una nuova concezione della "realtà": non più sostanziale, ma ricca di una concretezza nuova, dinamica, flessibile.

Programma

Nel corso verranno trattati i seguenti argomenti:

- Il concetto di artificiale nella civiltà industriale novecentesca
- La rivoluzione cibernetica e il suo impatto culturale
- Il concetto di virtuale nella odierna civiltà dell'informazione.

Sono previsti alcuni seminari di approfondimento.

Bibliografia

A. Rebaglia, *Artificiale e virtuale. Tematiche di filosofia della tecnologia*, Paravia Scriptorium, Torino, in preparazione.

Ulteriore materiale didattico verrà fornito in occasione dei seminari.

Esame

È richiesta una relazione scritta su uno a scelta fra gli autori trattati nei seminari. L'esame orale verterà sulla discussione della relazione, inserita nel contesto del programma svolto.

01CLW STORIA DELLA TECNICA A (SOCIETÀ, ECONOMIA, SCIENZA)

| | |
|--------------------------|------------------|
| Periodo: | 1 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Vittorio MARCHIS |

Presentazione del corso

Il corso vuole fornire agli studenti la capacità di inquadrare gli oggetti e i sistemi tecnici nella loro prospettiva storica. A tal fine il corso prende l'avvio da alcune fondamentali premesse sul concetto di storia, sul ruolo e sulle finalità della ricerca storica, e specificamente sul significato della storia della tecnologia. In parallelo sono presi in esame i momenti salienti della storia dell'economia e del pensiero scientifico.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica B (UM028) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, come il suo seguito. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

Programma

La storia della tecnica nel mondo moderno e contemporaneo:

- La storia come scienza. Le scritture come fondamento della storia: il documento. La ricerca storica. I temi e le idee della storia. Cronologia e storia. La storia e "le storie". La rivoluzione agricola e la rivoluzione industriale.
- La "scienza nuova" e il passaggio "dal mondo del pressappoco all'universo della precisione" (A.Koyré). La nascita della metallurgia nel '500; la "meccanica" da Guidobaldo del Monte a Galilei a Newton; la nascita delle Accademie e delle istituzioni scientifiche. Il macchinismo e il mito del progresso. Il Settecento e la coscienza della tecnologia. L'Illuminismo e le Enciclopedie.
- La Rivoluzione industriale. L'industria dei metalli e gli arsenali. Il vapore. L'istruzione tecnica. L'Ottocento e il trionfo delle macchine.
- La grande industria: Il macchinismo e la diffusione del sistema di fabbrica: Inghilterra, Francia, Germania, Italia. La nascita dell'elettricità. I sistemi tecnici: il telegrafo; le ferrovie; l'industria chimica. I politecnici e le scuole di ingegneria. La diffusione del sapere tecnico: le Esposizioni industriali; i brevetti. L'ottimismo "fin-de-siècle". Le crisi e le speranze del XX secolo. Le costruzioni in ferro e in cemento armato.
- I contesti economici nella società industriale. Le interpretazioni dei fenomeni economici. (A.Smith, D.Ricardo, K.Marx, J.Schumpeter, J.M.Keynes, G.Friedman, N.Rosenberg).
- La macchina tra utopie e realtà. Le utopie tecnologiche, l'idea di progresso e lo sviluppo della società industriale.

Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il primo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratori e/o esercitazioni

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

Bibliografia

- G. Anders, L'uomo è antiquato. La terza rivoluzione industriale, (Bollati Boringhieri), Torino 1992.
C.M. Cipolla, Uomini, tecniche, economie, (Feltrinelli), Milano 1998.
V. Marchis, Storia delle macchine, (Ed. Laterza), Roma-Bari 1994.
V. Marchis (a cura di), Storia delle scienze. vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico), (Einaudi), Torino 1995.
M. Nacci, La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935, (Guerini e Associati), Milano 1994.

Esame

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

01CLX STORIA DELLA TECNICA B (L'ETÀ DELLA TECNICA: IL XX SECOLO E LO SPAZIO)

| | |
|--------------------------|------------------|
| Periodo: | 2 |
| Crediti: | 5 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Vittorio MARCHIS |

Presentazione del corso

Il corso vuole fornire agli studenti gli strumenti dell'indagine storica per inquadrare gli sviluppi della tecnologia e dell'industria nel XX secolo, in relazione ai contesti socio-culturali in cui hanno subito la loro evoluzione.

Il corso, è composto da una prima serie di lezioni sui criteri interpretativi e valutativi dei fenomeni specifici dello sviluppo tecnologico e industriale del XX secolo a cui segue un approfondimento monografico su un particolare settore. Per l'anno accademico in corso viene presa in esame la scienza e l'industria aerospaziale dal 1930 sino al 1970.

Il corso è armonizzato con quello di Storia della tecnica A (UM027) che può essere considerato, ancorché non esclusivamente, la sua premessa generale. Non è richiesto alcun corso propedeutico.

Programma

- Gli scenari del XX secolo: La nascita dell'aeronautica. Il sistema industriale e il modello tayloristico. I grandi sistemi tecnici: elettricità, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. Le rivoluzioni informatiche. La Big Science e i Large Systems.
- La storia della tecnica. Una storia di contesti socioeconomici.
- La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informazione.
- Le origini dell'industria missilistica.
- L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale.
- La corsa USA-URSS allo spazio.
- La conquista della Luna.
- I nuovi contesti aerospaziali europei.

Modalità di svolgimento delle lezioni:

Il corso è svolto durante il secondo emisemestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni istituzionali sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratori e/o esercitazioni

Durante il corso, gli studenti affronteranno la lettura critica di un saggio scelto da un elenco di titoli proposti dal docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verterà la relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

Bibliografia

J. R. Beniger, Le origini della società dell'informazione. La rivoluzione del controllo., (Utet Libreria), Torino 1995

A.D. Chandler jr., Dimensione e diversificazione. Le dinamiche del capitalismo industriale, (Il Mulino), Bologna 1994.

D. Harvey, La crisi della modernità, (Il Saggiatore), Milano 1993.

V. Marchis, Wernher von Braun, (Le Scienze), Milano 2000.

V. Marchis (a cura di), Storia delle scienze. vol.V (Conoscenze scientifiche e trasferimento tecnologico), (Einaudi), Torino 1995.

M. McLuhan, Gli strumenti del comunicare, (Il Saggiatore), Milano 1997.

M. Nacci, La crisi del progresso. Saggio di storia delle idee 1895-1935, (Guerini e Associati), Milano 1994.

D. Noble, La questione tecnologica, (Bollati Boringhieri), Torino 1993.

N. Rosenberg, Dentro la scatola nera, (Il Mulino), Bologna 1991.

Esame

Per sostenere l'esame è richiesta la presentazione di una relazione scritta sull'approfondimento scelto in accordo con il docente. Detta relazione sarà discussa in sede di accertamento nell'esame orale finale.

Programma

- Gli esecutori del XX secolo. La nascita dell'automazione. Il sistema industriale e il modello industriale. I grandi sistemi tecnici: chimica, telecomunicazioni, trasporti. I limiti dello sviluppo. La rivoluzione informatica. La Big Science e i Large Systems. La storia della tecnica. Una storia di contesti socioeconomici. La storia della scienza e la storia del pensiero scientifico. I grandi temi del pensiero scientifico moderno in relazione alla società industriale contemporanea. La società dell'informatica. Le origini dell'industria massificata. L'industria bellica e l'armamento missilistico nel secondo conflitto mondiale. La corsa USA-URSS allo spazio. La conquista della Luna. I nuovi contesti tecnologici europei. Modalità di svolgimento delle lezioni. Il corso è svolto durante il secondo semestre e prevede una frequenza settimanale di sei ore di lezione. A fianco delle lezioni strutturate sono previsti seminari di approfondimento e conferenze tenute da esperti.

Laboratori ed esercitazioni

Durante il corso gli studenti affiancano in lettura critica di un saggio scelto da uno o più dei loro professori del docente. Su tale lettura e sui suoi approfondimenti verrà svolta una relazione scritta che dovrà essere preparata per la valutazione finale.

Bibliografia

J. R. Beniger. Le origini della società dell'informatica. La rivoluzione del controllo. (Loes Liberman), Torino 1992.

01DAZ TECNICHE DI SCRITTURA

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Periodo: | 4 |
| Crediti: | 3 |
| Precedenze obbligatorie: | |
| Docente: | Marina BELTRAMO |

Presentazione del corso

Negli ultimi anni la scrittura ha assunto una nuova centralità nell'ambito della comunicazione sia personale sia professionale. La quantità di testi scritti che ognuno di noi deve leggere e produrre è notevolmente aumentata (si pensi ad esempio alla diffusione della posta elettronica), e sono aumentate le aspettative circa la qualità del prodotto scritto. Lo scrivere bene non è più prerogativa esclusiva di quei letterati che sanno maneggiare una lingua alta impiegando sottili artifici retorici: con l'espressione scrivere bene oggi si intende piuttosto l'abilità di comunicare i concetti in modo efficace, chiaro e accurato, producendo il tipo di testo che meglio si adatta alla situazione comunicativa. Scrivere, e scrivere bene, è un'abilità richiesta pressoché a tutti: ci si aspetta la produzione di buoni documenti scritti da chiunque svolga una professione all'interno di una struttura organizzativa anche molto semplice, o sia impegnato in compiti che implicano attività di progetto, comunicazione di dati, notizie, risultati.

Questo corso si propone di avvicinare gli studenti alla scrittura, in particolare a quella tecnico-scientifica, offrendo loro gli strumenti teorici e pratici per familiarizzare con un mezzo di comunicazione spesso sottovalutato e spesso origine di dubbi e difficoltà. Saranno presentati principi, tecniche, procedure e strumenti per ottenere un buon testo scritto che esibisca quegli aspetti di organizzazione concettuale e di accuratezza formale per i quali si possa parlare di prodotto professionale.

Programma

La comunicazione

- Modelli
- Applicazioni
- La comunicazione orale e la comunicazione scritta

I testi

- Che cosa fa di un insieme di parole un testo?
- Tipi e generi testuali
- Testi con vincoli

Il testo come processo

- Pianificazione
- Stesura
- Revisione

I testi tecnico-scientifici: principi di technical writing

- Aspetti di pianificazione
- La situazione comunicativa

 Scalette standard

- Aspetti linguistici
- I linguaggi settoriali
- Strutture sintattiche
- Elementi di coesione

- Convenzioni
- Uso delle risorse tipografiche
- Simboli
- Illustrazioni.

Laboratori e/o esercitazioni

Il corso prevede esercitazioni con l'impiego di strumenti informatici.

Bibliografia

A inizio corso saranno disponibili delle dispense che costituiranno il testo di riferimento principale. Eventuali integrazioni saranno indicate durante il corso e rese disponibili in forma di fotocopia.

Esame

L'esame è costituito da un test sui contenuti affrontati durante il corso e da una relazione scritta.

Durante il corso, gli studenti possono sostenere alcune prove brevi, nelle quali sono chiamati ad applicare quanto discusso a lezione. Il superamento di queste sostituisce la relazione scritta conclusiva.