

Ing. Meccanica/S

Disciplina: 124562

ANALISI COMPUTAZIONALE

ICAR/08

Corso di Studio: MES MEM

Crediti: 6 **Tipo:** M

Note:

Docente: FACCHINI LUCA

P2 ICAR/08

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. Ingegneria Civile

Operatori, operatori lineari. Prodotto scalare, distanza, norma. Esempio sui polinomi ortogonali di Legendre. Rappresentazione ed approssimazione di funzioni sulla base dei polinomi ortogonali di Legendre. Migliore approssimazione di una funzione nel senso dei minimi quadrati.

Interpolazione polinomiale, matrice di Vandermonde; interpolazione lagrangiana e cenni agli elementi Q4; interpolazione Hermitiana e cenni agli elementi trave.

Differenze divise; errore di interpolazione. Derivazione numerica di funzioni; stima dell'errore commesso.

Cenni all'integrazione numerica di funzioni. Formule dei trapezi e di Simpson. Derivazione delle formule Gaussiane. Formule di Gauss – Chebichev e Gauss – Legendre. Integrazione di funzioni a variabile vettoriale.

Il metodo alle differenze finite: costruzione del metodo, applicazione all'equazione della linea elastica di una trave inflessa isostatica. Valutazione dell'errore di discretizzazione. Estensione in più dimensioni e applicazione all'equazione di Poisson in due dimensioni: il caso della conduzione termica. Esempio per il problema della conduzione termica in un dominio bidimensionale quadrato. Problemi di descrizione della frontiera e delle condizioni al contorno. Condizioni al contorno essenziali e naturali.

Introduzione ai metodi ai residui pesati per equazioni lineari e non lineari. Metodo di Galerkin. Metodo ai minimi quadrati; applicazione all'equazione della linea elastica con polinomi e funzioni armoniche. Definizione dell'energia di deformazione elastica e dell'energia totale per una trave inflessa. Enunciato e dimostrazione del principio di minimo dell'energia totale. Il metodo di Ritz. Introduzione all'analisi variazionale; definizione di funzionale. L'energia potenziale totale come funzionale di una trave elastica lineare inflessa da un carico trasversale. Introduzione al metodo degli elementi finiti; elementi finiti lagrangiani e interpolazione C0. Matrice di rigidezza, vettore dei carichi. Problemi relativi a grandezze legate alle derivate del campo incognito. Equazione di Poisson in due dimensioni. Funzionale associato all'equazione e alle condizioni al contorno essenziali e naturali. Teorema di Gauss-Green. Equazione di Eulero per una funzione scalare di variabile scalare. Formulazione variazionale di problemi differenziali autoaggiunti e cenni alla derivazione del funzionale.

Elementi finiti in due dimensioni; introduzione agli elementi finiti tipo CST e loro applicazione ad un problema di diffusione bidimensionale; riassunto dell'impostazione del metodo FEM; definizione delle funzioni di forma, cenni agli algoritmi di ottimizzazione della numerazione nodale.

Elementi finiti lagrangiani ad una dimensione o triangolari a due dimensioni. Analisi della convergenza della soluzione in termini di spostamenti e caratteristiche della sollecitazione. L'elemento trave a 2 nodi e 4 gradi di libertà. Elementi finiti Hermitiani ad una dimensione.

Definizione e derivazione intuitiva dell'energia di deformazione per un continuo elastico e particolarizzazione ad un continuo elastico lineare. Introduzione al problema piano di tensione e definizione dell'energia totale associata.

Introduzione al problema della lastra piana inflessa e derivazione dell'energia totale associata. L'equazione di Germain – Lagrange e sua derivazione come equazione di Eulero per l'energia totale del sistema. La lastra alla Kirchoff e la lastra alla Reissner – Mindlin. Utilizzo di elementi finiti triangolari nella soluzione di due problemi. Elementi membrana, plate e guscio.

Introduzione agli elementi finiti alla Galerkin. Applicazione a problemi monodimensionali, bidimensionali e multidimensionali risolti. Problematiche relative all'accoppiamento di elementi con funzioni di forma diverse in termini di continuità della soluzione e delle sue derivate. Cenni a problemi misti (trave inflessa risolta simultaneamente rispetto ad abbassamento e momento flettente).

Materiali elastici, elastici non lineari, iperelastici. Materiali plastici. Definizione dell'energia di deformazione come funzione di stato. Revisione dei funzionali basati sull'energia totale. Funzionali per approcci misti. Principio di Hu-Washizu.

Introduzione alle reti neurali; cenni alle reti neurali RBF; utilizzo del funzionale di Hu-Washizu e derivati per la soluzione neurale di problemi elastici.

Architetture delle reti neurali. Utilizzo di reti neurali per l'interpolazione di dati e per la soluzione di equazioni differenziali; algoritmo del simplesso (Nelder-Mead), metodi gradient-based, alla Newton e quasi-Newton. Accoppiamento con metodi line-search. Particolarizzazione per interpolazione: algoritmo di Levenberg-Marquardt.

Derivazione dell'equazione di moto di un sistema meccanico. Matrice delle masse consistente e a masse concentrate. Cenni all'analisi modale: forme modali, pulsazioni proprie. Metodi della sovrapposizione modale e della riduzione modale.

Smorzamento per isteresi nei materiali e per attrito nelle giunzioni strutturali. Lo smorzamento viscoso proporzionale e modale. La linearizzazione di sistemi non lineari. Matrice delle rigidezze e di smorzamento tangenti. I metodi delle differenze centrali e di Newmark per l'integrazione al passo.

Stabilità, convergenza, smorzamento numerico e accuratezza.

Disciplina: 000041

CELLE A COMBUSTIBILE

CHIM/02

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: .

Docente: RIGHINI ROBERTO

P1 CHIM/02

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. di Chimica

Obiettivi e programma del Corso

L'obiettivo del corso è di fornire le conoscenze sulle basi teoriche e sui principi di funzionamento delle celle a combustibile, sui diversi tipi di celle disponibili, sulle caratteristiche e sul trattamento dei combustibili, nonché sull'utilizzo delle stesse per la realizzazione di sistemi di generazione per usi diversi.

Gli argomenti trattati nel corso sono:

1a Parte:

- Elementi di termodinamica e di elettrochimica, come base per la comprensione dei principi di funzionamento delle celle a combustibile
- Generalità su celle galvaniche: potenziali elettrochimici; potenziali di semicella
- Principi generali di funzionamento di una cella a combustibile
- Diverse tipologie di celle a combustibile: celle per produzione di energia elettrica; celle per mezzi di trasporto
- Tipi di celle: principi di funzionamento, caratteristiche, applicazioni:
- Celle ad elettrolita polimerico (PEFC)
- Celle ad alcool diretto (DAFC)
- Celle alcaline (AFC)
- Celle ad acido fosforico (PAFC)
- Celle a carbonati fusi (MCFC)
- Celle ad ossidi solidi (SOFC)
- Celle a Carbone
- Confronto tra diversi tipi di celle

Struttura e funzionamento di sistemi di generazione basati su celle a combustibile

- Trattamento del combustibile
- Bilancio energetico del funzionamento di impianti basati su celle a combustibile
- Idrogeno: metodi di produzione ed immagazzinamento

2a Parte:

Trattamento dettagliato degli aspetti fondamentali del meccanismo di funzionamento delle celle a combustibile:

- aspetti cinetici. Velocità di reazione, barriere d'attivazione: relazione con potenziale e corrente agli elettrodi.

Parametri per l'ottimizzazione del rendimento. Equazione di Tafel.

- trasporto di carica. Effetti diversi che contribuiscono alla resistenza alla conduzione elettrica. Diffusività e conducibilità.
- trasporto di massa. Densità limite di corrente; effetti di concentrazione sul potenziale. Trasporto di massa nei fluidi.
- modellazione di celle a combustibile. Modello monodimensionale; bilancio dei flussi; equazioni base.
- impatto ambientale delle celle a combustibile. Inquinamento atmosferico ed emissioni delle celle a combustibile.
- Impatto ambientale dell'idrogeno. Aspetti sociali ed economici.

Disciplina: 00009

COMPLEMENTI DI DINAMICA DEI ROTORI

ING-IND/13

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM AUS

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MEM ENM = DINAMICA DEI ROTORI

Docente: TONI PAOLO

P1 ING-IND/13 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Gli argomenti trattati nel corso sono:

Metodi moderni per la rotordinamica

- 1) Comportamenti critici torsionali (metodo di Holzer, approccio con modelli diretti, simulazione dei fenomeni transitori dei gruppi macchine motrici, riduttore, macchina operatrice);
- 2) Comportamenti critici flessionali (modellazione FEM, sviluppo di elementi speciali per lo studio della rotordinamica con approccio agli elementi finiti);
- 3) Risposta allo squilibrio e diagrammi di Campbell;
- 4) Esempi applicativi e caratteristiche tipiche delle diverse turbomacchine;

Equilibratura

- 5) Norme e criteri per fissare il limite dei fenomeni vibratorii per le diverse tipologie di macchine;
- 6) Equilibratura di rotori rigidi (metodo della misura delle forze sui supporti, metodo di misura delle vibrazioni);
- 7) Equilibratura dei rotori flessibili (metodo dei coefficienti di influenza, equilibratura modale)

Disciplina: 456125 **COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI** ING-IND/21

Corso di Studio: MES MEM **Crediti:** 6 **Tipo:** M

Note:

Docente: PRATESI FRANCO ROT ING-IND/21 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

STRUTTURA ELETTRONICA. Elementi di quantomeccanica. Legame chimico. Elettroni nei metalli.
STRUTTURA CRISTALLINA. Reticoli di Bravais. Massimo impacchettamento. Difetti reticolari.
PROPRIETÀ MECCANICHE. Sollecitazioni e deformazioni. Misure di resistenza meccanica. Incrudimento e ricottura. Rafforzamento. Tenacità a frattura. Fatica. Creep.
STRUTTURA MICROSCOPICA. SEM. Frattografia. Failure analysis.

1. Sistemi dinamici

- 1.1 Esempi di sistemi meccanici
- 1.2 Sistemi dinamici: alcune definizioni
- 1.3 Sistemi SISO lineari tempo-invarianti
- 1.4 Rappresentazione nello spazio di stato
- 1.5 Il controllo dei sistemi e la retroazione

2. Trasformazione di Laplace

- 2.1 Richiami sulle funzioni di variabile complessa
- 2.2 La trasformazione di Laplace
- 2.3 Alcune proprietà fondamentali della trasformata di Laplace
- 2.4 L-trasformate di alcune funzioni elementari
- 2.5 Teoremi fondamentali
- 2.6 L'antitrasformazione di Laplace
- 2.7 Interpretazione fisica della trasformata di Laplace
- 2.8 Impiego della trasformata di Laplace nella risoluzione delle equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti
- 2.9 Ancora sul teorema di Duhamel

3. La risposta dei sistemi dinamici

- 3.1 L'algebra dei diagrammi a blocchi
- 3.2 Luoghi della $G(j\omega)$
- 3.3 La risposta dei sistemi del I ordine
- 3.4 La risposta dei sistemi del II ordine
- 3.5 Determinazione sperimentale della risposta in frequenza

4. Rappresentazione nello spazio di stato, funzioni e matrici di trasferimento

- 4.1 Passaggio dalla rappresentazione nello spazio di stato alla $G(s)$ per un sistema SISO
- 4.2 Rappresentazione in forma canonica orizzontale per sistemi SISO
- 4.3 Matrici di trasferimento - sistemi MIMO

5. Stabilità di un sistema

- 5.1 Criteri algebrici di stabilità. Criteri di Routh e di Mikhailov
- 5.2 Limitazioni pratiche dei criteri algebrici di stabilità

6. Sistemi Asserviti

- 6.1 Funzione di Trasferimento tra scarto ed ingresso
- 6.2 Sistemi ad ingressi multipli. Disturbi
- 6.3 Condizioni di regime dei sistemi asserviti
- 6.4 Influenza dei disturbi
- 6.5 Effetto delle variazioni dei parametri del sistema

7. Comportamento dinamico dei sistemi asserviti

- 7.1 Tracciamento del luogo di Nyquist di un sistema asservito
- 7.2 Pulsazione di risonanza e fattore di risonanza
- 7.3 Banda passante di un sistema asservito
- 7.4 Condizioni di stabilità di un sistema asservito
- 7.5 Stabilità teorica e stabilità pratica
- 7.6 Criterio di stabilità di Nyquist
- 7.7 Margine di fase e margine di amplificazione
- 7.8 Stabilità ed insensibilità ai disturbi
- 7.9 Prestazioni e robustezza
- 7.10 Il metodo del luogo delle radici

8. La compensazione dei sistemi asserviti

- 8.1 L'alternativa stabilita`-precisione
- 8.2 La compensazione per anticipo di fase
- 8.3 Calcolo della rete anticipo di fase
- 8.4 Interpretazione fisica della correzione per anticipo di fase
- 8.5 La compensazione per controllo integrale
- 8.6 Interpretazione fisica della correzione mediante controllo integrale
- 8.7 La compensazione per anticipo di fase e controllo integrale
- 8.8 La compensazione mediante dispositivi posti nella catena di reazione
- 8.9 Impiego dei diagrammi logaritmici nello studio della compensazione
- 8.10 Il regolatore PID ed il suo utilizzo
- 8.11 Compensazione dei sistemi asserviti funzionanti con segnali alternativi

9 Sistemi nonlineari

- 9.1 Sistemi meccanici nonlineari
- 9.2 La stabilita` secondo Lyapunov
- 9.3 Linearizzazione e primo metodo di Lyapunov
- 9.4 Metodo diretto di Lyapunov

10 Sistemi a tempo discreto

- 10.1 sistemi a dati campionati
- 10.2 La trasformata Z
- 10.3 L'antitrasformata Z
- 10.4 Metodi di analisi e sintesi per sistemi a tempo discreto

Disciplina: 00021 **COSTRUZIONI DI MATERIALE** ING-IND/14
FERROVIARIO II

Corso di Studio: MES MEM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MEM = COSTRUZIONE DI MATERIALE FERROVIARIO

Docente: BRACCIALI ANDREA P2 ING-IND/14 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Disciplina: N097MES **FISICA GENERALE III**

FIS/01

Corso di Studio: MES ENM MEM

Crediti: 6 **Tipo:** M

Note: MUTUATA DA MEM "SENSORISTICA AVANZATA"

Docente: SCIORTINO SILVIO RC FIS/01

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Il corso si divide in cinque parti:

PARTE I : Approfondimenti di Fluidodinamica Generale

Gli argomenti trattati sono:

Argomento 1. Equazioni generali di bilancio dei sistemi fluidi continui, Fluidi Newtoniani, deduzione e commento Eq. Navier Stokes, Vorticità e varie forme;

Argomento 2. Discussione Ordini di grandezza e definizione di modelli semplificati, Numeri adimensionali;

Argomento 3. Flussi Euleriani, Eq. Crocco, Eq. In coordinate naturali, Potenziale, Funzione di corrente Flussi Incompressibili e subsonici;

Argomento 4. Flussi Euleriani Supersonici, Urti Obliqui, Prandtl-mayer Caratteristiche;

Argomento 5. Modello di Strato limite, Incompressibile/compressibile, equazioni Integrali

Argomento 6. Transizione e Turbolenza.

PARTE II : Metodi Numerici di Soluzione (CFD)

Argomento 1. Teoremi Base e Discretizzazioni dello spazio –Tipologie di griglie

Argomento 2. Discretizzazioni delle equazioni (EF-VF-DF)

Argomento 3. Metodi Centrati, upwind, Metodi numerici di soluzione e stabilità

Argomento 4. Metodi per flussi compressibili (Time marching)

Argomento 5. Metodi per flussi incompressibili (Pressure Correction-Chorin..)

Argomento 6. Simulazioni un steady

Argomento 7. Post processing a pre processing

PARTE III : Modelli fisici

Argomento 1. Modellistica della Turbolenza:

Argomento 2. Modelli alla Boussinesq (algebrici, eq. di trasporto, Low Reynolds)

Argomento 3. Modelli Reynolds stress

Argomento 4. Modelli avanzati: LES- DNS, Metodi numerici di soluzione e stabilità

Argomento 5. cenni ai Modelli di Combustione

PARTE IV : Modelli per le Macchine

Argomento 1. Modelli Per le turbomacchine; M-L,

Argomento 2. NISRE, Through Flow, e Media tangenziale

Argomento 3. Flussi Secondari Fenomenologia e controllo

Argomento 4. Calcoli 3D e di stadio;

Argomento 5. Problemi di progetto palettature

PARTE V : Modelli per le Camere di Combustione delle Macchine

Argomento 1. Camere di Combustione: Richiami e Cinetica

Argomento 2. Sistemi di combustione DLN per GT. Progetto –Analisi (reti reattori, Liner e foratura Geometrie speciali)

Argomento 3. Teoria della similitudine: impostazione dei parametri di prova (Da, Re).

Argomento 4. Metodi sperimentali per la valutazione della ripartizione di aria.

Argomento 5. Flussi Swirlati (Teoria – Fenomenologia). Simulazione CFD di bruciatori industriali

Argomento 6. Simulazioni CFD di Sistemi di Premiscelamento confronto con

metodi exp.

Argomento 7. Modellistica della combustione- CFD 3-D Reattivi, Instabilità di combustione

Argomento 8. Applicazione a Camere di Comb. Industriali.- Approccio di Simulazione CFD 3-D reattive Fuel flexibility , es. applicativi

Argomento 9. Esercitazione: Impiego di codice CFD commerciale

Disciplina: 12345686 **FLUIDODINAMICA INDUSTRIALE**

ING-IND/08

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA MEM = FLUIDODINAMICA DELLE MACCHINE

Docente: MARTELLI FRANCESCO P1 ING-IND/08 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Nell'ambito della progettazione industriale gli aspetti relativi al comportamento fluidodinamico dei componenti costituisce un aspetto di crescente interesse al fine di sviluppare sistemi con prestazioni sempre migliori in termini di efficienza/capacità produttiva, risparmio energetico, rilascio di emissioni in atmosfera. A tal fine le modalità di progettazione si sono evolute verso l'impiego, anche a livello industriale, di strumenti sempre più sofisticati sia di tipo numerico che sperimentale.

Il corso tratta le principali problematiche relative all'analisi e alla progettazione fluidodinamica di componenti industriali, quali: sistemi di pulizia aria, sistemi di premiscelamento, sistemi di combustione industriali più diffusi (fornaci, caldaie, bruciatori a combustibile solido, camere di combustione di turbina a gas). Con riferimento a tipiche macchine industriali si analizza sia la fenomenologia di base che l'applicazione di strumenti di indagine numerici e sperimentali finalizzata alla fase di progettazione.

In questo ambito saranno affrontate le principali problematiche tipiche dei sistemi trattati: efficienza aerodinamica e perdite di carico, problematiche legate al miscelamento di flussi, ripartizione di flussi, combustione ed emissioni con riferimento a combustibili sia convenzionali che rinnovabili e/o alternativi (H2).

Il corso è strutturato in modo da affrontare in modo integrato i seguenti argomenti fondamentali:

- Studio della Fenomenologia e comprensione degli aspetti fisico-modellistici dei problemi affrontati
- Studio della fluidodinamica di componenti, con riferimento a casi applicativi (selezione di case-studies) di sistemi/macchine industriali
- Strumenti e metodologie di indagine sia di tipo sperimentale che numerico

Disciplina: 15333333 **FONDAMENTI DI DINAMICA DEI ROTORI** ING-IND/13

Corso di Studio: MES ENS AUS MEM ENM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA "DINAMICA DEI ROTORI" MEM

Docente: TONI PAOLO P1 ING-IND/13 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Gli argomenti trattati nel corso sono:

- 1) Obiettivi del corso, definizioni
- 2) Richiami di meccanica delle vibrazioni: sistemi ad un grado di libertà, sistemi a più gradi di libertà, risposta libera e forzata, funzioni di risposta in frequenza
- 3) Il modello di Jeffcott per il calcolo delle velocità critiche flessionali di un rotore: caso ideale, caso con elasticità differenziata nelle due direzioni, orbite forward e backward, soluzione omogenea, verifica delle condizioni di stabilità in presenza di forze tangenziali.
- 4) Il modello di Stodola Green per il calcolo delle velocità critiche di un rotore approssimabile come un disco su supporti elastici.
- 5) Modelli tipo Transfer Matrix: il metodo di Prohl per il calcolo delle velocità critiche di un rotore, applicazioni con diverse condizioni di vincolo, applicazione in presenza di vincoli cedevoli.
- 6) I supporti dei rotori: generalità sui supporti fluidodinamici, anisotropia, determinazione dei coefficienti di rigidezza e smorzamento (linearizzazione).

Disciplina: 24533333 **FONDAMENTI DI MECCANICA DELLE VIBRAZIONI** ING-IND/13

Corso di Studio: MES ENS ENM MEM AUS **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA MEM = DINAMICA DEI SISTEMI MECCANICI

Docente: RINCHI MIRKO P2 ING-IND/13 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Fondamenti di analisi modale teorica: proprietà dei segnali analogici armonici, periodici, transienti e casuali. Concetto di contenuto in frequenza di un segnale e analisi spettrale. Cenni all'uso della Serie e della Trasformata di Fourier. Significato e problematiche riguardanti la digitalizzazione dei segnali (conversione A/D) e cenni alla Trasformata Discreta di Fourier. Aliasing e Leakage.

Introduzione ai modelli fisici, modelli matematici, modelli modali e modelli FRF.

Studio di sistemi lineari ad un grado di libertà tramite modelli semplici a parametri concentrati tempoinvarianti.

Equazioni di moto: studio del comportamento libero e forzato dei sistemi SDOF (Single Degree of Freedom).

Smorzamento viscoso e strutturale. Decremento logaritmico e metodo di mezza potenza. Funzioni di Risposta in

Frequenza (FRF): calcolo e rappresentazione tramite i diagrammi di Bode e nel piano di Nyquist. Frequenza naturale, propria e di risonanza. Modelli dinamici degli accelerometri e dei sismografi come sistemi SDOF. Accelerometro piezoelettrico. Isolamento dalle vibrazioni ed efficacia delle sospensioni elastiche.

Sistemi lineari MDOF (Multi Degrees Of Freedom) con smorzamento viscoso e strutturale di tipo proporzionale e generale. Comportamento libero e forzato. Frequenze e modi propri di vibrare del sistema. Matrice modale e disaccoppiamento modale. Coordinate principali e normali. Risonanze ed antirisonanze. Smorzatore dinamico.

Disciplina: N776MES **GESTIONE DELLA CONOSCENZA E DELLA PROPRIETA' INTELLETTUALE** ING-IND/15

Corso di Studio: MES MEM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MEM = METODI E STRUMENTI PER L'INNOVAZIONE

Docente: CASCINI GAETANO P2S ING-IND/15 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Servizi Generali

Introduzione teorica: sviluppo competitivo prodotto e fabbisogno di conoscenza, information overload.

Concetti generali su diritto d’autore e istituzione brevettuale.

Analisi funzionale di un brevetto e principi di Patent Breaking

Strategie di brevettazione ed elementi di gestione dell’innovazione

Fondamenti di Text Mining: tecniche di analisi linguistica, lemmatizzatori, processori semantici, ontologie e basi di conoscenza, clustering, content analysis.

Analisi evolutive di settore tecnologico, analisi delle citazioni.

Disciplina: 0006 **IMPIANTI DI POTENZA E COGENERAZIONE** ING-IND/09

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: .

Docente: CARNEVALE ENNIO ANTONIO P1 ING-IND/09 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Disciplina: 00020 **INTEGRITA' STRUTTURALE E CONTROLLI** ING-IND/14
NON DISTRUTTIVI

Corso di Studio: MES MEM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MEM = COMPLEMENTI DI COSTRUZIONE DI MACCHINE

Docente: REALE SERGIO P1 ING-IND/14 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Disciplina: 45786866 **MECCANICA DEI MATERIALI**

ING-IND/14

Corso di Studio: MES MEM

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MEM=COMPLEMENTI DI COSTRUZIONI DI MACCHINE

Docente: REALE SERGIO

P1 ING-IND/14

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Disciplina: 22222211 **MECCANICA DELLE STRUTTURE** ICAR/08

Corso di Studio: MES MEM **Crediti:** 6 **Tipo:** M

Note: MEM = MECCANICA DELLE MICRO E NANO STRUTTURE

Docente: MARIANO PAOLO MARIA P2 ICAR/08 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. Ingegneria Civile

Disciplina: N775MES **METODI E STRUMENTI PER** ING-IND/15
L'INNOVAZIONE DI PRODOTTO
Corso di Studio: MES MEM **Crediti:** 3 **Tipo:** M
Note: MEM = METODI E STRUMENTI PER L'INNOVAZIONE
Docente: CASCINI GAETANO P2S ING-IND/15 **Copertura:** AFF03
Ente appartenenza: Servizi Generali

Introduzione teorica: ciclo di sviluppo prodotto, problem solving e innovazione di prodotto, dalla progettazione per la qualità all'innovazione sistematica

Inerzia psicologica, metodi tradizionali (brainstorming e derivati)

Introduzione alla teoria TRIZ: processo di sviluppo della metodologia, analisi brevetti e livelli inventivi

Fondamenti: Idealità; Visione Multi-Schermo; Linguaggio e Modellazione Funzionale; Contraddizioni Tecniche (Ingegneristiche) e Contraddizioni Fisiche; Risorse

Strumenti per la soluzione di contraddizioni: Analisi delle Contraddizioni; 40 Principi Inventivi e Principi di Separazione; Matrice delle Contraddizioni; ARIZ

Strumenti per ridurre l'Inerzia Psicologica: Operatore STC; Smart Little People

Strumenti elementari per sviluppo soluzioni e forecasting tecnologico: Effects; Trend Evolutivi; Leggi di Evoluzione

Valutazione delle soluzioni, analisi multicriterio, elementi di QFD.

Disciplina: 00030

MODELLAZIONE CAD AVANZATA

ING-IND/15

Corso di Studio: MES ENS MEM

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA SVILUPPO E INGEGNERIZZAZIONE DEL PRODOTTO - MEM

Docente: RISSONE PAOLO

P1 ING-IND/15

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Disciplina: 00014 **MODELLAZIONE E SIMULAZIONE DI SISTEMI MECCANICI** ING-IND/13

Corso di Studio: MES ENS AUS ENM MEM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA MEM = DINAMICA DEI SISTEMI MECCANICI

Docente: MALVEZZI MONICA RCS **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Servizi Generali

Cinematica dei sistemi multibody

- Problemi di cinematica dei sistemi multibody;
- Rappresentazione dell'orientazione relativa tra due sistemi di riferimento con origine comune, matrice di rotazione: definizione, significato e proprietà, angoli di Eulero, calcolo della matrice di rotazione in funzione degli angoli di Eulero.
- Gradi di libertà di un sistema, classificazione dei vincoli.
- Metodo delle equazioni di vincolo: formulazione del problema, equazioni relative alla coppia rotoidale e prismatica (nel caso piano), risoluzione numerica del problema cinematico (metodo di Newton).
- Calcolo della velocità e dell'accelerazione degli elementi del sistema.

Dinamica dei sistemi multibody

Software per la simulazione dei sistemi multibody

Disciplina: 004

MOTORI PER AUTOTRAZIONE II

ING-IND/08

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA MOTORI ALTERNATIVI C.I. - MEM

Docente: FERRARA GIOVANNI RC ING-IND/09 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

I principali argomenti trattati nel corso sono:

Approfondimenti sugli effetti quasi statici nel sistema condotto-valvola.

Sistemi di sovralimentazione

Sistemi di alimentazione combustibile: Motori Otto: carburatore elementare e dispositivi supplementari – iniezione diretta e indiretta - Motori Diesel: caratteristiche dello spray di combustibile - iniezione indiretta e diretta – sistemi common rail e iniettore-pompa.

Moti della carica nel cilindro - swirl, squish, tumble

Combustione nel motore Otto: propagazione del fronte di fiamma, legge di rilascio del calore, autoaccensione e detonazione, progetto della camera di combustione.

Combustione nel motore Diesel: ritardo di accensione, motori ad iniezione diretta e a precamera.

Formazione e controllo degli inquinanti: emissioni allo scarico di un motore Otto e Diesel, sistemi di misura e controllo delle emissioni.

Problematiche di scambio termico nei motori

Problematiche di rumorosità dei motori, accenni ai sistemi di abbattimento delle emissioni sonore.

Disciplina: 00018

**PROGETTAZIONE ASSISTITA DAL
CALCOLATORE**

ING-IND/14

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM

Crediti: 6 **Tipo:** M

Note: .

Docente: BALDANZINI NICCOLO

RC ING-IND/14

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Richiami di calcolo strutturale in campo lineare elastico

Introduzione al FEM

Imposizione di spostamenti e carichi termici

Imposizione dei vincoli

Costruzione della matrice di rigidità e di massa

Funzioni di forma

Soluzioni per carichi statici e dinamici

Parallelamente è richiesto agli studenti, singolarmente o in gruppi di 2 persone, di eseguire un elaborato assegnato dal docente che consiste nella analisi statica e dinamica di un gruppo o componente meccanico.

Disciplina: 00015

**PROGETTAZIONE INTEGRATA DI
PRODOTTO**

ING-IND/14

Corso di Studio: MES MEM ENM

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MEM ENM = ANALISI SPERIMENTALE DEI SISTEMI DINAMICI

Docente: VANGI DARIO

P2 ING-IND/14

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Corso: Progettazione integrata di prodotto

Raggruppamento Scientifico Disciplinare: ING/IND 14

Corso di laurea: Corso di Laurea specialistica Ing. Meccanica

Anno di corso: I / II

Crediti: 3

I temi trattati durante il corso saranno:

 Concetti base della pianificazione del prodotto

 Identificazione dei bisogni del cliente

 Specifiche di prodotto

 Generazione di concetti

 Selezione dei concetti

 Collaudo dei concetti

 Architettura del prodotto

 Design industriale

 Progettazione per la fabbricazione

Disciplina: 000776 **PROGRAMMAZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE II** ING-IND/16

Corso di Studio: MES MEM GES **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MEM = PROGRAMMAZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE

Docente: NAPOLI PAOLO 25U **Copertura:** CRETR

Ente appartenenza: Servizi Generali

Inventory management

- Funzione del magazzino nel l'impresa
- Impatto economico del magazzino
- Tecniche di dimensionamento dei lotti
- Scorte di sicurezza e livello di servizio
- Analisi ABC del magazzino
- Tecniche di monitoraggio dell'accuratezza degli inventory record

JIT/Lean, sistemi qualità, Theory of Constraints

- Evoluzione dei sistemi di produzione
- High Velocity Manufacturing
- La filosofia Just in Time: eliminazione dello spreco
- La tecnica di individuazione e riduzione progressiva degli sprechi
- Impatti del Just in Time nei sistemi di pianificazione e controllo della produzione
- Il Kanban
- I sistemi qualità: qualità di prodotto e suo costo
- Strumenti di controllo della qualità
- Six sigma
- Theory of Constraints

Gestione Progetti

- Organizzazione Matriciale Commessa / Funzione
- Le attività del Project Manager
- I numeri del PM: tempi, costi e rischio
- La gestione dei costi: budget, forecast, disposed, incurred

Demand management

- Gestione dei fabbisogni e loro connessioni funzionali in un sistema di pianificazione e controllo della produzione
- Caratteristiche e classificazioni della domanda
- Finalità ed usi delle previsioni
- Tecniche di previsione
- Stima dell'errore
- Raccolta dei dati e di consuntivazione

Capacity planning e Raccolta dati

- Il processo di Capacity planning
- Available, Rated e Demonstrated capacity
- Obiettivi e caratteristiche della schedulazione
- Schedulazione a capacità finita e infinita
- Le transazioni di consuntivo
- La raccolta dati per registrazione di tutte le attività: logiche, architettura hardware, strumentazioni a bordo macchina

Accounting

- Contabilità Generale e Contabilità Analitica
- Ciclo di pianificazione e controllo finanziario
- Classificazione dei costi in base alla finalità dell'analisi
- Concetto di cost structure e suo legame con la classificazione di Hayes-Wheelwright
- Quantificazione dei costi indiretti di produzione e loro allocazione nel costo del venduto
- Job Costing e sue conseguenze in produzione
- Process Costing e sue conseguenze in produzione

Disciplina: 00029

PROTOTIPAZIONE RAPIDA

ING-IND/15

Corso di Studio: MES MEM ENS

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA PROTOTIPAZIONE RAPIDA E REVERSE ENGINEERING - MEM

Docente: CARFAGNI MONICA

P1 ING-IND/15

Copertura: MUT

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

1. Motivazioni e campi di applicazione della Prototipazione Rapida
2. Introduzione alle tecnologie di Prototipazione Rapida
4. Classificazione delle tecnologie di Prototipazione Rapida
5. Il formato STereoLithography Interface Format (STL)
 - a. Descrizione del contenuto del file
 - b. Gestione degli errori e relativi software
6. Materiali polimerici
7. Tecniche di Rapid Prototyping: processo, macchine, materiali
 - a. Stereolitografia (SLA)
 - b. Solid Ground Curing (SGC)
 - c. Fused Deposition Modelling (FDM)
 - d. Laminated Object Manufacturing (LOM)
 - e. Selective Laser Sintering (SLS)
 - f. Metodo Polyjet
 - g. Three Dimensional Printing (3DP)
 - h. Multi Jet Modelling (MJM)
 - i. Ballistic Particle Manufacturing (BPM)
 - l. Drop On Demand (DOP)
 - h. Tecniche di prototipazione in materiale metallico
 - i. Selective Laser Melting (SLM)
 - ii. Electron Beam Melting (EBM)
 - iii. Laser EngineeredNet Shaping (LENS)
8. Rapid Tooling
 - a. Rapid Tooling Diretto
 - b. Rapid Tooling Indiretto
9. Rapid Manufacturing

Disciplina: 0031

REVERSE ENGINEERING

ING-IND/15

Corso di Studio: MES MEM ENS ENM

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA PROTOTIPAZIONE RAPIDA E REVERSE ENGINEERING - MEM

Docente: GOVERNI LAPO

RC ING-IND/15

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

-
1. Motivazioni e campi di applicazione del Reverse Engineering
 2. Definizione del processo di Reverse Engineering
 3. Introduzione alle tecnologie di Reverse Engineering
 4. Classificazione delle metodologie di scansione 3D
 5. Sistemi a contatto
 - a. Caratteristiche generali
 - b. Sistemi attivi
 - c. Sistemi passivi
 - d. modalità di scansione point mode e scanning mode
 - e. strategie di scansione ed errori possibili
 6. Sistemi senza contatto
 - a. Caratteristiche generali
 - b. Sistemi ottici
 - i. Introduzione alle telecamere e alla geometria epipolare
 - ii. Calibrazione di un sistema di telecamere
 - iii. I sistemi ottici passivi
 1. Stereovisione passiva
 2. Forma dall'ombreggiatura
 3. Forma dalla testurizzazione
 4. Forma da focus-defocus
 5. Forma da sagoma
 - iv. I sistemi ottici attivi
 1. Triangolazione laser-camera
 2. Stereovisione attiva (tramite luce laser e luce strutturata)
 3. Scanner a tempo di volo
 7. Manipolazione dei dati acquisiti (pre-processing)
 - a. Definizione di overlapping e oversampling
 - b. Tecniche di semplificazione e accoppiamento delle nuvole di punti
 - i. Tecniche per le linee di scansione
 - ii. Tecniche per le nuvole di punti 2,5 D
 - iii. Tecniche per le nuvole di punti 3D
 - c. Valutazione dell'errore commesso
 8. Modellazione: ricostruzione della geometria a partire dai dati acquisiti
 - a. Tassellazione
 - b. Ricostruzione con superfici primitive e features
 - c. Ricostruzione tramite sezioni della tassellazione
 - d. Ricostruzione tramite patches
 9. Dimostrazione pratica di vari scanner 3D (scansione di oggetti)
 10. Dimostrazione pratica di ricostruzione della geometria a partire dai dati acquisiti tramite scanner (impiego di pacchetti software dedicati)

Disciplina: 002 **SCAMBIO TERMICO NELLE MACCHINE** ING-IND/08

Corso di Studio: MES MEM ENM MES **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUT DA SCAMBIO TERMICO E COMBUSTIONE NELLE MACCHINE - MEM

Docente: **FACCHINI BRUNO** P2 ING-IND/08 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

-
- Introduzione ai sistemi di produzione e loro modellazione. Tipologia di sistemi. Principi e leggi dei sistemi. Tipologie ed usi dei modelli di rappresentazione.
 - Introduzione allo sviluppo concorrente di prodotto, processo e sistema di lavorazione (Concurrent Engineering).
 - Tecnologia di gruppo (GT), classificazione e codici di tecnologia di gruppo (gerarchici, sequenziali, ibridi), Product Flow analysis, metodi di clustering, process planning e computer process planning (variante, generativo, ibrido). Cenni alle tecniche utilizzate nella realizzazione dei CAPP (GT, tabelle decisionali, alberi decisionali, sistemi esperti, reti neurali e algoritmi genetici).
 - Sistemi CAD (wireframe, per superfici, solidi, parametrici), interscambio dati di prodotto (Iges, vdafs, pdes, step).
 - Computer Aided Manufacturing (CAM) e i sistemi a Controllo Numerico (CNC e DNC); Impatto della mecatronica sulle tecnologie convenzionali;
 - I componenti strutturali delle CNC; Sistemi di automazione e di controllo; La precisione delle MU/CNC; Il linguaggio ISO di programmazione delle macchine utensili e applicazioni alla programmazione
 - Cenni ai sistemi CAE per la prototipazione virtuale dei processi produttivi
 - Le tecniche del Design for X (con particolare riferimento ad Assembly).
 - Sistemi fisici di lavorazione ed assemblaggio: configurazioni di macchine utensili singole e aggregate (layout per tipo e per famiglie), celle di lavorazione; architetture di gestione e controllo, sistemi CNC; sistemi integrati e flessibili di lavorazione (FMS) e assemblaggio
 - Integrazione nei sistemi di produzione Produzione manifatturiera, sistemi di produzione, integrazione, CIM. Automazione dei sistemi di produzione. Controllo numerico computerizzato distribuito. I componenti dei sistemi di produzione.

-
- Introduzione ai sistemi di produzione e loro modellazione. Tipologia di sistemi. Principi e leggi dei sistemi. Tipologie ed usi dei modelli di rappresentazione.
 - Introduzione allo sviluppo concorrente di prodotto, processo e sistema di lavorazione (Concurrent Engineering).
 - Tecnologia di gruppo(GT), classificazione e codici di tecnologia di gruppo (gerarchici, sequenziali, ibridi), Product Flow analysis, metodi di clustering, process planning e computer process planning (variante, generativo, ibrido). Cenni alle tecniche utilizzate nella realizzazione dei CAPP (GT, tabelle decisionali, alberi decisionali, sistemi esperti, reti neurali e algoritmi genetici).
 - Sistemi CAD(wireframe, per superfici, solidi, parametrici), interscambio dati di prodotto (Iges, vdafs, pdes, step).
 - Computer Aided Manufacturing (CAM) e i sistemi a Controllo Numerico (CNC e DNC); Impatto della mecatronica sulle tecnologie convenzionali;
 - I componenti strutturali delle CNC; Sistemi di automazione e di controllo; La precisione delle MU/CNC; Il linguaggio ISO di programmazione delle macchine utensili e applicazioni alla programmazione
 - Cenni ai sistemi CAE per la prototipazione virtuale dei processi produttivi
 - Le tecniche del Design for X (con particolare riferimento ad Assembly).
 - Sistemi fisici di lavorazione ed assemblaggio: configurazioni di macchine utensili singole e aggregate(layout per tipo e per famiglie), celle di lavorazione; architetture di gestione e controllo, sistemi CNC; sistemi integrati e flessibili di lavorazione (FMS) e assemblaggio
 - Integrazione nei sistemi di produzione Produzione manifatturiera, sistemi di produzione, integrazione, CIM. Automazione dei sistemi di produzione. Controllo numerico computerizzato distribuito. I componenti dei sistemi di produzione.

Disciplina: 003 **SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE E** ING-IND/08
COLLAUDI

Corso di Studio: MES ENS **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE - MEM

Docente: DE LUCIA MAURIZIO P1 ING-IND/09 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Disciplina: N793MES **STUDIO DEL PRODOTTO E DEL PROCESSO** ING-IND/16

Corso di Studio: MES MEM GES **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: .

Docente: CAMPATELLI GIANNI RL ING-IND/16 **Copertura:** AFF03

Ente appartenenza: Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

Gli argomenti affrontati nell'ambito del corso sono:

- Il Design For Manufacturing (DFM) come strumento per l'ottimizzazione della producibilità
- Principi generali di progettazione per la produzione
- Criteri funzionali ed economici per la scelta dei materiali di lavorazione
- Analisi e sintesi delle tolleranze di lavorazione
- Processi produttivi net shape: materie plastiche

Disciplina: 00008 **TECNICA DEL FREDDO**

ING-IND/10

Corso di Studio: MES MEM ENS ENM

Crediti: 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA MEM

Docente: GRAZZINI GIUSEPPE

P1 ING-IND/10

Copertura: AFF03

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Disciplina: 0005

**TERMODINAMICA AVANZATA E
TERMOECONOMIA**

ING-IND/09

Corso di Studio: MES MEM ENM AMS ENS **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUT TERMOD. AVANZATA E TERMOEC. PER GLI IMPIANTI POTENZA MEM

Docente: MANFRIDA GIAMPAOLO P1 ING-IND/08 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Impostazione unitaria di primo e secondo principio della termodinamica (exergia) per sistemi chiusi ed aperti, non reattivi e reattivi. Bilancio diretto ed indiretto di exergia. Distruzione di exergia. Esempi di calcolo su diversi processi e tipologie di impianti di conversione. Contabilità energetica basata sull'exergia. Applicazione a sistemi cogenerativi. Ottimizzazione termoeconomica, Pinch Analysis. Fondamenti della Life Cycle Analysis.

Disciplina: 001 **TURBOMACCHINE II** ING-IND/08

Corso di Studio: MES ENS MEM ENM **Crediti:** 3 **Tipo:** M

Note: MUTUATO DA TURBOMACCHINE - MEM

Docente: ARNONE ANDREA P1 ING-IND/09 **Copertura:** MUT

Ente appartenenza: Dip. di Energetica "S.Stecco"

Vedi turbomacchine ENS

