

# **Ing. Energetica/S**

**Disciplina:** S769ENS ANALISI COMPUTAZIONALE

ICAR/08

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** FACCHINI LUCA

P2 ICAR/08

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Civile

---

- Brevissimi richiami sull'impiego delle equazioni differenziali nella soluzione dei problemi fisici;
- Breve introduzione ai principi variazionali come forme deboli dei sistemi di equazioni differenziali e dei problemi agli autovettori;
- Definizione dei funzionali di maggior interesse e tecniche per la loro minimizzazione:
- Sistemi lineari
- Accenni a sistemi non lineari
- Discretizzazione delle equazioni
- Errore connesso alla discretizzazione
- Criteri di convergenza
- Funzioni di forma
- Cenni sulla stima dell'errore e mesh auto-adattative
- Problematiche numeriche di maggior interesse
- Struttura di un generico programma agli elementi finiti
- Altri metodi numerici (metodi mesh-free, reti neurali, ...)

**Disciplina:** 5688      **CELLE A COMBUSTIBILE**      CHIM/02

**Corso di Studio:** ENS      **Crediti:** 3      **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** RIGHINI ROBERTO      P1      CHIM/02      **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Chimica

---

**Disciplina:** 6563218    **COMPLEMENTI DI DINAMICA DEI ROTORI**    ING-IND/13

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

**Note:** .

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

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

---

**Disciplina:** 0000119    **COMPLEMENTI DI FISICA I**    FIS/01

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

**Note:** .

**Docente:** BORCHI EMILIO    P1    FIS/01    **Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** 0000120    **COMPLEMENTI DI FISICA II**    FIS/01

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

**Note:** .

**Docente:** BORCHI EMILIO    P1    FIS/01    **Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N783ENS **COMPLEMENTI DI MECCANICA DELLE VIBRAZIONI** ING-IND/13

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

**Note:** .

**Docente:** RINCHI MIRKO P2 ING-IND/13 **Copertura:** AFF03

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

---

Comportamento dinamico dei sistemi lineari multivariati (smorzamento viscoso e strutturale di tipo generale).

Fondamenti di analisi modale sperimentale: trasduttori e catene di misura, segnali per l'eccitazione strutturale (transienti e random) - metodo di Duhamel - tecniche di preparazione e di sospensione delle strutture da sottoporre a test modali - identificazione parametrica.

Tecniche di discretizzazione strutturale: metodo di Holzer per le vibrazioni torsionali, metodo di Myklestad per le vibrazioni flessionali, metodi di Prhol e di Lund per il calcolo delle velocità critiche dei rotori, il metodo degli elementi finiti, modelli completi, modelli ridotti e tecniche di riduzione. Vibrazioni nei sistemi a parametri distribuiti: vibrazioni longitudinali, vibrazioni torsionali, vibrazioni trasversali di un cavo teso, vibrazioni flessionali.

Vibrazioni nei sistemi non lineari: comportamenti elastici non lineari, effetti degli attriti e dei giochi nei sistemi meccanici, interazioni con i fluidi, tecniche di simulazione numerica per lo studio dei sistemi vibranti non lineari.

**Disciplina:** 547678      **COMPORAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI**      ING-IND/14

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

**Note:** .

**Docente:** ZONFRILLO GIOVANNI      P2      ING-IND/14      **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

- Selezione dei materiali nella progettazione meccanica: ruolo dei materiali nella progettazione; suddivisione in classi e proprietà tipiche. Caratteristiche dei principali materiali ingegneristici. Diagrammi di selezione dei materiali; criteri di scelta dei materiali, indici di merito; utilizzo delle mappe di Ashby per la scelta dei materiali.

- Scorrimento viscoso a caldo (creep): fenomenologia, legame tra le principali variabili, leggi costitutive; strain hardening e time hardening; attivazione termica e legge di Arrhenius; modalità di deformazione, mappe di Ashby; estrapolazione dei dati di creep, parametri tempo temperatura, minimum commitment method.

- Fatica oligociclica: comportamento ciclico; leggi di Manson-Coffin e di Basquin; fatica oligociclica ad alta temperatura; metodi di previsione di vita; fatica termomeccanica.

- Danneggiamento: campo di applicazione; variabili rappresentative; principali tipologie di misura; cumulo lineare e non lineare; double linear damage rule.

- Fretting-fatica: concetti fondamentali, principali variabili, modalità di prevenzione.



**Disciplina:** 72T83

**FLUIDODINAMICA DELLE MACCHINE**

ING-IND/08

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** MARTELLI FRANCESCO

P1 ING-IND/08

**Copertura:** AFF03

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

---

Il Corso si divide in Due 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: Discussioni Ordini di grandezza e definizione di modelli semplificati, Numeri adimensionali.
- Argomento 3: Flussi Euleriani, Equ.Crocco, Eq. in coordinate naturali, Potenziale, Funzione di corrente Flussi Incompressibili e subsonici.
- Argomento 4: Flussi Euleriani Supersonici, Urti Obliqui, Prandtl-mayer, equazioni Integrali.
- Argomento 5: Modello di strato limite, Incompressibile/compressibile, equazioni integrali.
- Argomento 6: Transizione e Turbolenza.

**PARTE II: MODELLI PER LE MACCHINE**

Gli argomenti trattati sono:

- Argomento 7: Modelli per le turbomacchine M-L e correlazioni.
- Argomento 8: NISRE, Through Flow e Media tangenziale.
- Argomento 9: Blade-to-Blade, Perdite Scambio Termico.
- Argomento 10: Flussi Secondari e Calcoli 3D.
- Argomento 11: Camere di combustione: richiami e cinetica.
- Argomento 12: Modelli di combustione/Sperimentazione.
- Argomento 13: Progetto – Analisi (reti reattori, Liner e foratura Geometrie speciali).

**Disciplina:** N776ENS **GESTIONE DELLA CONOSCENZA E DELLA PROPRIETA' INTELLETTUALE** ING-IND/15

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

**Note:** .

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

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

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

Concetti generali su diritto d&#8217;autore e istituzione brevettuale.

Analisi funzionale di un brevetto e principi di Patent Breaking

Strategie di brevettazione ed elementi di gestione dell&#8217;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:** 0001654    **IMPIANTI DI POTENZA E COGENERAZIONE**    ING-IND/09

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

**Note:** .

**Docente:** CARNEVALE ENNIO ANTONIO    P1    ING-IND/09    **Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** 0002080    **INTEGRITA' STRUTTURALE E CONTROLLI**    ING-IND/14  
**NON DISTRUTTIVI**

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

**Note:** .

**Docente:** REALE SERGIO    P1    ING-IND/14    **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

**Disciplina:** 78900      **MECCATRONICA II**

ING-IND/13

**Corso di Studio:** ENS      MES

**Crediti:** 3      **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** ALLOTTA BENEDETTO

P1      ING-IND/13

**Copertura:** AFF03

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

---

Si veda la pagina relativa al corso di Meccatronica II (MES)

**Disciplina:** N775ENS **METODI E STRUMENTI PER** ING-IND/15  
**L'INNOVAZIONE DI PRODOTTO**  
**Corso di Studio:** ENS MES **Crediti:** 3 **Tipo:** A  
**Note:** .  
**Docente:** CASCINI GAETANO RC ING-IND/15 **Copertura:** AFF03  
**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

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:** 67889      **MODELLAZIONE CAD AVANZATA**      ING-IND/15

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

**Note:** .

**Docente:** **RISSONE PAOLO**      P1      ING-IND/15      **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

**Disciplina:** 67789989 **MODELLAZIONE E SIMULAZIONE DEI SISTEMI MECCANICI** ING-IND/13

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

**Note:** .

**Docente:** RINDI ANDREA RL ING-IND/13 **Copertura:** AFF03

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

---

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:** 997632

**MOTORI PER AUTOTRAZIONE II**

ING-IND/09

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**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:** 889012      **PROGETTAZIONE ASSISTITA AL**      ING-IND/14  
**CALCOLATORE**

**Corso di Studio:** ENS      MES      **Crediti:** 6      **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** **BALDANZINI NICCOLO**      RL      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 rigidezza 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:** 67328189 **PROGETTAZIONE INTEGRATA DI** ING-IND/14  
**PRODOTTO**

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

**Note:** .

**Docente:** VANGI DARIO P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

**Disciplina:** 63827

**PROTOTIPAZIONE RAPIDA**

ING-IND/15

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** CARFAGNI MONICA

P1 ING-IND/15

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

L'obiettivo del corso è di fornire le conoscenze sulla prototipazione rapida con particolare riferimento alle molteplici tecniche disponibili sul mercato.

Dopo aver introdotto il concetto di prototipo, sia fisico che virtuale, vengono descritte le fasi del ciclo sia dal punto di vista hardware che software.

Vengono infine classificate le varie metodologie per la realizzazione dei prototipi analizzando vantaggi e svantaggi di ciascuna.

In particolare vengono descritte: Stereolitografia, Fused Deposition Modelling, Laminate Object Manufacturing, Selective Laser Sintering, DTM Rapid Tooling, Solid Ground Curing, analizzando il processo, le macchine, i materiali e le variabili che influenzano la qualità del prodotto.

**Disciplina:** 456787 **REVERSE ENGINEERING**

ING-IND/15

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** GOVERNI LAPO

RL ING-IND/15

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

**Disciplina:** 435667      **SCAMBIO TERMICO NELLE MACCHINE**      ING-IND/08

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

**Note:** .

**Docente:** FACCHINI BRUNO      P2      ING-IND/08      **Copertura:** AFF03

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

---

Le Turbine: Sistemi di raffreddamento per pale di turbina a gas. Criteri di dimensionamento; analisi e simulazione dello scambio termico. Confronti fra le varie tecniche utilizzate. Analisi monodimensionale e correlazioni. Sistemi aria secondaria e tenute. Criteri di dimensionamento delle cavità rotanti e problematiche di ingestione. Le camere di combustione: Classificazione e criteri di dimensionamento di liner di camere di combustione delle turbine a gas. Problematiche delle camere di combustione a bassa emissione inquinante. I motori alternativi a combustione interna: Problematiche termiche dei componenti critici dei motori a combustione interna (valvole, pistoni e frizione)  
Il calcolo numerico applicato alle problematiche di scambio termico.  
Le tecniche sperimentali nello studio dei fenomeni di scambio termico.

**Disciplina:** 346568      **SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE E**      ING-IND/09  
**COLLAUDI**

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

**Note:** .

**Docente:** DE LUCIA MAURIZIO      P1      ING-IND/09      **Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** 4677

**TECNICA DEL FREDDO**

ING-IND/10

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** GRAZZINI GIUSEPPE

P1 ING-IND/10

**Copertura:** AFF03

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

---

Il Numero indica i crediti parziali dell'argomento che precede

Richiami su Metodo e-NTU e DTML per dimensionamento dei diversi tipi di scambiatori. Ebollizione e condensazione

0.1

Cicli frigoriferi con ciclo Rankine inverso. Tipi di compressori usati. Principi di regolazione

0.3

Fluidi frigoriferi e loro caratteristiche

0.1

Cicli frigoriferi tritermici (assorbimento, eiezione, adsorbimento).

0.3

Cicli frigoriferi ad aria, Brayton e umidificazione-deumidificazione

0.1

Pompe di calore; trasformatori di calore.

0.2

Utilizzazione di cicli frigo e pompe di calore in varie tipologie di impianti. Fluidi secondari. Accumuli

1.7

Modi diversi per produrre freddo: vortex, termoacustica, magnetocalorici.

.1

Cenni sulla criogenia.

.1



**Disciplina:** 54568      **TERMODINAMICA AVANZATA E**      ING-IND/08  
**TERMOECONOMIA**  
**Corso di Studio:** ENS      MES      **Crediti:** 3      **Tipo:** A  
**Note:** .  
**Docente:** MANFRIDA GIAMPAOLO      P1      ING-IND/08      **Copertura:** AFF03  
**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:** 43654676 **TURBOMACCHINE II**

ING-IND/09

**Corso di Studio:** ENS MES

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** ARNONE ANDREA

P1 ING-IND/09

**Copertura:** AFF03

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

---

#### COMPRESSORI:

- Utilizzo della teoria elementare per la progettazione di massima dello stadio.
- Flusso interpolare, strato limite e diffusione, perdite e loro modellizzazione, incidenza e deviazione.
- Flusso meridiano ed effetti tridimensionali, svergolatura e distribuzione del lavoro.
- Profili per compressori assiali subsonici, transonici, supersonici
- Progettazione avanzata assistita da metodologie di fluidodinamica computazionale.

#### TURBINE:

- Utilizzo della teoria elementare per la progettazione di massima dello stadio.
- Flusso interpolare, perdite e loro modellizzazione, solidita', apertura di gola.
- Flusso meridiano ed effetti tridimensionali, svergolatura e aspect ratio, distribuzione del lavoro.
- Profili per turbine assiali di alta e bassa pressione.
- Cenni al raffreddamento delle palettature.
- Progettazione avanzata assistita da metodologie di fluidodinamica computazionale.

