

# **Ing. Energetica/S**

**Disciplina:** P790ENS ANALISI COMPUTAZIONALE ICAR/08

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** FACCHINI LUCA P2 ICAR/08 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Civile

---

**Disciplina:** P769ENS 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:** N780ENS **COMPLEMENTI DI DINAMICA DEI ROTORI** ING-IND/13

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

**Note:** IN COM CON MES

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

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

---

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

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** RINCHI MIRKO RC 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:** N789ENS **COMPORTAMENTO MECCANICO DEI MATERIALI** ING-IND/14

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

**Note:** IN COM CON MES

**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:** N781ENS    **CONTROLLO DEI SISTEMI MECCANICI I**    ING-IND/13

**Corso di Studio:** ENS    60591    **Crediti:** 3    **Tipo:** M

**Note:** MUT DA REGOLAZ E CONTROLLO DEI SIST MECC PO IN COM CON MES

**Docente:** ALLOTTA BENEDETTO    P2    ING-IND/13    **Copertura:** MUT

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

---

**Disciplina:** N782ENS    **CONTROLLO DEI SISTEMI MECCANICI II**    ING-IND/13

**Corso di Studio:** ENS    60591    **Crediti:** 3    **Tipo:** M

**Note:** MUT DA REGOLAZ E CONTROLLO DEI SIST MECC IN COM CON MES

**Docente:** ALLOTTA BENEDETTO    P2    ING-IND/13    **Copertura:** AFF03

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

---



## FLUIDODINAMICA delle Macchine

### Programma del corso

#### Parte I: Fluidodinamica nelle macchine

##### Fenomenologia e caratteristiche della fluidodinamica dei flussi interni

- Fluidodinamica dei compressori assiali
- Fluidodinamica delle turbine assiali
- Fluidodinamica compressori e pompe centrifughe
- Fluidodinamica delle camere di combustione

##### Fenomenologia e caratteristiche dei flussi esterni

- Aerodinamica dei profili
- Aerodinamica superfici e ali portanti
- Aerodinamica dei corpi tozzi
- Aerodinamica dei veicoli

##### Cenni di aerodinamica non stazionaria

##### Elementi di Teoria della resistenza aerodinamica

#### Parte II: Fluidodinamica computazionale applicata alle macchine

##### Elementi e metodi della fluidodinamica computazionale (CFD)

- Equazioni di riferimento
- Metodi FVM e FDM
- Stabilità e metodi upwind
- Metodi "density based" & metodi "pressure correction"
- Griglie di calcolo e accuratezza della discretizzazione
- Modelli di turbolenza
- Condizioni al contorno
- Metodi stazionari e non stazionari

##### Esempi ed Applicazioni

- Caratteristiche e struttura dei codici CFD commerciali
- Applicazione per turbine multi-stadio
- Applicazione per pompe multi-stadio
- Applicazione a camere di combustione
- Aerodinamica dei veicoli
- Aerodinamica non stazionaria di stadio

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

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

**Note:** IN COM CON MES

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

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

---

**Disciplina:** N298ENS **IMPIANTI DI POTENZA**

ING-IND/09

**Corso di Studio:** ENS 60626

**Crediti:** 3 **Tipo:** M

**Note:** MUT DA IMPIEGO IND. ENERGERIA IN COM CON MES

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

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

---

**Disciplina:** N790ENS **INTEGRITA' STRUTTURALE E CONTROLLI** ING-IND/14  
**NON DISTRUTTIVI**

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

**Note:** IN COM CON MES

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

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

---

**Disciplina:** N784ENS **MECCATRONICA II**

ING-IND/13

**Corso di Studio:** ENS 60592

**Crediti:** 3 **Tipo:** M

**Note:** IN COM CON MES MUT DA MECCANICA DEI ROBOT PO

**Docente:** ALLOTTA **BENEDETTO** P2 ING-IND/13 **Copertura:** MUT

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

**Note:** IN COM CON MES

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

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

---

**Disciplina:** N777ENS **MODELLAZIONE CAD AVANZATA**

ING-IND/15

**Corso di Studio:** ENS

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** **RISSONE PAOLO**

P1 ING-IND/15

**Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N785ENS **MODELLAZIONE E SIMULAZIONE DEI SISTEMI MECCANICI**

ING-IND/13

**Corso di Studio:** ENS MES

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** MALVEZZI MONICA 25U

**Copertura:** CRETR

**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:** N769ENS **MOTORI PER AUTOTRAZIONE II**

ING-IND/09

**Corso di Studio:** ENS 60625

**Crediti:** 3 **Tipo:** M

**Note:** IN COM CON MES MUT DA MOTORI A COMBUSTIONE INT PO

**Docente:** FERRARA GIOVANNI

RC ING-IND/09

**Copertura:** MUT

**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:** N788ENS **PROGETTAZIONE ASSISTITA DAL** ING-IND/14  
**CALCOLATORE II**

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** PIERINI MARCO P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N787ENS **PROGETTAZIONE ASSISTITA DAL** ING-IND/14  
**CALCOLATORE I**

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** PIERINI MARCO P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N786ENS **PROGETTAZIONE INTEGRATA DI** ING-IND/14  
**PRODOTTO**

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

**Note:** IN COM CON MES

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

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

---

**Disciplina:** N795ENS **PROGRAMMAZIONE E CONTROLLO DELLA** ING-IND/16  
**PRODUZIONE II**

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** DEL TAGLIA ANDREA P1 ING-IND/16 **Copertura:** AFF03

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

---

Creazione del piano principale di produzione (MPS); confronto tra i piani a capacità costante e a scorta nulla; ottimizzazione del piano di produzione tramite la programmazione lineare.

La programmazione della produzione a domanda indipendente: il modello dinamico di Wagner-Within. Cenni sulla programmazione dinamica.

Introduzione ai problemi di schedulazione; carta di Gantt e verifica di fattibilità di una schedulazione; funzioni obiettivo della schedulazione; risoluzione dei vari problemi con una sola macchina; problemi con due macchine di tipo flow shop e job shop; algoritmo di Johnson; problemi con più macchine, algoritmo grafico di Aker, applicazione della programmazione dinamica, del metodo Branch and Bound, della simulazione discreta e degli algoritmi genetici. Schedulazione di minimo costo di riattrezzaggio.

MRP a ciclo chiuso e MRP-II; la determinazione della numerosità dei lotti in un sistema MRP;

Verifica di capacità RCCP e CRP. Tecniche di livellamento della capacità. Analisi del Lead-Time; controllo di produzione basato su regole di produzione e sul controllo dei flussi. La produzione Just in Time: uso del Kanban; condizioni di applicabilità: rapporti con i fornitori, riduzione dei tempi di attrezzaggio, mano d'opera flessibile. Cenni al Kaizen. Theory of Constraints e sistema OPT: confronto tra MRP, JIT e OPT. Le reti di Petri per la analisi e la simulazione di sistemi produttivi

**Disciplina:** N774ENS **PROTOTIPAZIONE VIRTUALE**

ING-IND/15

**Corso di Studio:** ENS

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** CARFAGNI MONICA

P1 ING-IND/15

**Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N778ENS **REVERSE ENGINEERING**

ING-IND/15

**Corso di Studio:** ENS

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** CARFAGNI MONICA

P1 ING-IND/15

**Copertura:** AFF03

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

---

**Disciplina:** N767ENS **SCAMBIO TERMICO NELLE MACCHINE**

ING-IND/08

**Corso di Studio:** ENS 60602

**Crediti:** 3 **Tipo:** M

**Note:** MUT DA MACCH E SISTEMI ENERG SPECIALI PO IN COM CON MES

**Docente:** FACCHINI BRUNO

P2 ING-IND/08

**Copertura:** MUT

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

---

L'obiettivo del corso è di fornire le conoscenze riguardo alle problematiche termiche dei principali motori a combustione interna.

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:** N768ENS **SPERIMENTAZIONE SULLE MACCHINE E** ING-IND/09  
**COLLAUDI**

**Corso di Studio:** ENS 60615 **Crediti:** 3 **Tipo:** M

**Note:** IN COM CON MES MUT DA SPERIMENTAZ SULLE MACCHINE

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

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

---

**Disciplina:** N793ENS **STUDIO DEL PRODOTTO E DEL PROCESSO**

ING-IND/16

**Corso di Studio:** ENS MES

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

**Note:** IN COM CON MES

**Docente:** CAMPATELLI GIANNI 25U

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:**

---

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
- Capacità preventiva del processo
- Analisi preventiva delle criticità del processo
- Ottimizzazione dei processi di lavorazione
- Cenni di controllo statistico di processo

**Disciplina:** N773ENS **TECNICA DEL FREDDO**

ING-IND/10

**Corso di Studio:** ENS

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

**Note:** IN COM CON MES

**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:** N770ENS **TERMODINAMICA AVANZATA E** ING-IND/08  
**TERMOECONOMIA**

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

**Note:** IN COM CON MES

**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:** N766ENS **TURBOMACCHINE II**

ING-IND/09

**Corso di Studio:** ENS

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

**Note:** IN COM CON MES

**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.

