

# PROGRAMMA del Corso di Fisica tecnica- Scienze dell'Architettura

## FLUIDODINAMICA SPERIMENTALE

*Definizioni elementari – Regime laminare e turbolento – Strato limite dinamico – Viscosità – Fluidi newtoniani e non newtoniani – Tensioni in un fluido in moto – Derivata locale e derivata sostanziale – Equazioni fondamentali del moto isoterma: equazione di continuità ed equazione vettoriale di Navier – Casi semplici di moto laminare – Moto isoterma di fluidi in condotti: equazioni integrali – Perdite di carico (cadute di pressione irreversibili) – Fattore di attrito – Diagramma di Moody – Condotti convergenti e divergenti – Cadute di pressione nelle lunghe condotte e cadute di pressione localizzate*

## TERMODINAMICA

- *Scopo e contenuti della Termodinamica – coordinate termodinamiche*
- *Termodinamica fenomenologica o Termodinamica razionale?*
- *Definizione di sistema termodinamico*
- *Definizione di processo termodinamico*
- *Caratteristiche termodinamiche del sistema e della superficie di controllo- entità di scambio: massa, Lavoro, Calore, Radiazione.*
- *Sistemi termodinamici semplici e complessi*
- *Equilibrio termico, principio zero della Termodinamica; Definizione empirica della Temperatura Leggi sperimentali dei gas Temperatura del termometro a gas - Temperatura di gas ideale definizione razionale della Temperatura, nuova termometria*
- *Definizione di "stato termodinamico" come stato di equilibrio termodinamico*
- *Coordinate termodinamiche generalizzate*
- *Sostanza pura (sistema mono-componente polifase)*
- *Definizione e proprietà del gas ideale*
- *Note sulle proprietà matematiche delle funzioni di stato- Differenziale e incremento di una funzione nella fisica sperimentale – il differenziale esatto e inesatto*
- *Condizioni di equilibrio termodinamico tra l'ambiente circostante ed il sistema*

## CALORIMETRIA - TRASMISSIONE DEL CALORE.

- *Definizione del Calore, Capacità Termica e Calore specifico*
- *Principio di conservazione del Calore*
- *Il fenomeno della trasmissione del Calore e la Termodinamica. Le modalità di trasmissione del calore. Leggi fondamentali dello scambio termico, Meccanismi combinati di scambio termico (conduzione convezione e irraggiamento), Analogia tra flusso termico e flusso elettrico,*
- *Fondamenti della trasmissione del calore per conduzione,*
- *la legge e Il postulato di Fourier della conduzione interna. Conduzione monodimensionale in regime permanente. Il caso della parete piana, della struttura composta*
- *Fondamenti dello scambio termico per irraggiamento. L'irraggiamento termico del corpo nero, la legge di Plank, legge di Wien. Intensità di radiazione, superfici Lambertiane. Caratteristiche di irraggiamento delle superfici reali, emissività, riflettività assorbività, e trasmissività monocromatica e totale. Il problema dello scambio termico per irraggiamento tra superfici nere e superfici grigie.*
- *L'analogia elettrica con il metodo dei fattori di vista.*
- *Fondamenti della Trasmissione del Calore per convezione. Il coefficiente di trasmissione del calore per convezione. Meccanismo di trasporto dell'energia e fluidodinamica, concetti fondamentali dello strato limite. Convezione Libera e Forzata.*
- *Analisi dimensionale, teorema di Buckingham (cenni)*
- *LA CONTEMPORANEA PRESENZA DI DIVERSE MODALITÀ DI SCAMBIO*
- *Convezione ed irraggiamento*
- *Coefficiente globale di scambio termico,*

## IL PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA PER SISTEMI SENZA DEFLUSSO

- Lavoro significativo ai fini termodinamici
- Lavoro adiabatico ed Energia Interna
- Conversione del Lavoro in Calore
- Equivalenza della Radiazione termica e del Lavoro
- Estensione del primo principio della termodinamica alla radiazione termica
- Principio generale di conservazione dell'Energia, conclusione generale
- Rendimento energetico di un processo
- Espressioni particolari del 1° Principio
- La grandezza fisica: Entalpia
- Proprietà termodinamiche dei calori specifici  $c_p$  e  $c_v$
- Equazioni del 1° principio per processi quasi statici
- Calcolo degli scambi di Calore e di Lavoro per sistemi pvt
- Proprietà dell'Energia Interna di un gas ideale
- Espressioni del 1° P-d-T per un gas ideale
- Calcolo degli scambi di Calore e di Lavoro, variazione di Energia interna ed Entalpia per un gas ideale:- processo isoterma - Processo adiabatico q. s.- processo isovolumico - processo isobaro - Equazione del processo politropico
- processo di compressione para-isoterma
- Proprietà termiche dei gas. La superficie  $p, v, T$  per una sostanza pura, diagramma  $p, T$ . Vapore surriscaldato e liquido sotto - raffreddato. Il comportamento dell'acqua
- TERMODINAMICA DEI FLUOSISTEMI (O SISTEMI APERTI)
- Equazione del 1° Principio della Termodinamica per i fluosistemi
- Equazione del 2° Principio della Termodinamica per i fluosistemi
- Confronto tra l'uso del metodo dei sistemi chiusi e il metodo dei fluosistemi
  
- Applicazione del primo principio per fluosistemi ai principali processi: Scambiatori di calore espansore , ugello, diffusore, laminazione (strozzamento) Processo di miscelazione

## CONVERSIONE DEL CALORE IN LAVORO 2° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA MACCHINE TERMICHE MOTRICI E FRIGORIFERE

- Premessa storica
- Processo di conversione del Calore in Lavoro
- la macchina monotermica ideale
- La macchina mono-termica ciclica
- La macchina bi-termica ideale
- La macchina bi-termica Macchina di Carnot
- Enunciato del 2° principio della Termodinamica nella forma fenomenologica. (secondo Kelvin –Planck).
- la macchina termica ed il principio economico
- Analisi di una macchina mono-termica e bi-termica a gas ideale
- macchine termiche reali che approssimano la macchina bitermica ideale
- Macchina motrice a ciclo Stirling
- Macchina a ciclo Rankine
- Diversi tipi di macchine termiche ideali - Esercitazioni
- altre macchine "termiche" e termochimiche
- Enunciato del 2° Principio della Termodinamica secondo Clausius
- Equivalenza dei due enunciati del 2° P. d. T.
- Analisi termodinamica della reversibilità dei processi alla luce del 2° P. d. T
- La Macchina termica motrice reversibile
- Macchine termiche frigorifere
- Diagramma Pressione Entalpia ( $p, h$ ),
- Funzione frigorifera
- Funzione "pompa di Calore
- Macchina frigorifera a ciclo Rankine inverso - Effetto Joule-Kelvin nella laminazione di un fluido

## TEOREMI CARDINALI – TEMPERATURA TERMODINAMICA EXERGIA ESPRESSIONE MATEMATICA DEL 2° PRINCIPIO

- Conseguenze del teorema di Carnot
- Definizione della Temperatura termodinamica
- Il Terzo Principio della Termodinamica nella forma dell'irraggiungibilità
- Nuova espressione del rendimento della Macchina motrice di Carnot
- Il concetto di exergia. L'equazione della exergia analisi exergetica di un processo
- Misura di T (temperatura Termodinamica); significato di T=0 K
- Il concetto di exergia. L'equazione della exergia analisi exergetica di un processo
- Teorema di Clausius; istituzione della funzione di stato Entropia
- Equazioni del 1° e 2° Principio; equazioni di Gibbs 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> equazione di Gibbs per un gas ideale
- calcolo della variazione di entropia nei processi non reversibili
- bilancio di entropia del sistema complessivo isolato
- flusso di entropia – produzione di entropia nei processi irreversibili
- espressione generale del secondo principio della termodinamica

## SISTEMI A PIÙ COMPONENTI NON REAGENTI, IN FASE GASSOSA, TERMODINAMICA DELL'ARIA UMIDA

- Miscela di Gas perfetti, Miscela di gas e vapori, Miscela di aria e vapor d'acqua,
- Legge di Gibbs –Dalton
- Pressione parziale dell'aria secca e del vapor d'acqua
- Umidità specifica attuale, umidità specifica alla saturazione e grado igrometrico
- Umidità relativa
- Entalpia dell'aria umida
- Trasformazioni psicrometriche: riscaldamento e raffreddamento sensibile e miscelazione di due correnti d'aria umida
- Cenni sulle condizioni di benessere ambientale

### TESTI DI RIFERIMENTO:

"Fondamenti di termodinamica per ingegneri" M.W Zemansky M.M. Abbott H.C. Van Hess – Zanichelli

"Principi di trasmissione del calore" Frank Kreith - Liguori Editore

"Lezioni di Fisica Tecnica" Paolo Giuseppe Mura - CUEC editore

### TESTI CONSIGLIATI PER EVENTUALI APPROFONDIMENTI

"Elementi di Fisica tecnica ambientale" Alessandro Cocchi, Progetto Leonardo Bologna

"Trasmissione del calore" Italo Barducci Esa Editrice "Lezioni di Trasmissione del calore" C. Bonaccina, A. Cavallini, P. Di Filippo L. Mattarolo Cleup

"Termodinamica Applicata" Lino Mattarolo, Cavallini - Cleup editrice