

INDICE*

XV *Prefazione alla seconda edizione*

XVII *Prefazione*

XIX *L'Editore ringrazia*

3 CAPITOLO PRIMO - Introduzione

3 1.1 Contenuti

1.1.1 Termodinamica applicata, p. 5 - 1.1.2 Trasmissione del calore, p. 10 -

1.1.3 Termodinamica dell'aria umida, p. 13

15 1.2 Soluzione dei problemi

16 1.3 Unità di misura


19 CAPITOLO SECONDO - Introduzione alla Termodinamica applicata

19 2.1 Termodinamica applicata

21 2.2 Sistemi termodinamici

2.2.1 Sistema chiuso e sistema aperto, p. 22 - 2.2.2 Sistema isolato, p. 23

24 2.3 Descrizione di un sistema attraverso le sue proprietà


2.3.1 Termodinamica classica e del continuo, p. 25 - 2.3.2  Termodinamica statistica, p. 26 - 2.3.3 Stato termodinamico ed equilibrio, p. 26 - 2.3.4 Caratteristiche delle proprietà o grandezze di stato, p. 28 - 2.3.5 Interpretazione matematica delle grandezze di stato, p. 30




33 2.4 Trasformazioni

2.4.1 Trasformazioni quasi-statiche, p. 34 - 2.4.2 Trasformazioni reversibili, p. 35 - 2.4.3 Piani termodinamici, p. 36 - 2.4.4 Trasformazioni cicliche, p. 37


38 2.5 Equazione di bilancio di una proprietà estensiva

2.5.1 Equazione di bilancio della massa, p. 39 - 2.5.2 Portata massica e volumetrica,


* I titoli contraddistinti da  indicano i paragrafi online, accessibili sulla piattaforma pandora campus.it.

	p. 40 - 2.5.3 Regime stazionario, p. 41 - 2.5.4 Flusso monodimensionale, p. 41 - 2.5.5 Calcolo della portata massica e volumetrica, p. 42
45	2.6 Pressione, densità e temperatura
	2.6.1  Pressione, p. 45 - 2.6.2  Densità e volume specifico, p. 45 - 2.6.3  Temperatura, p. 45
51	CAPITOLO TERZO - Proprietà delle sostanze pure ed equazioni di stato
51	3.1 Postulato di stato e sistemi semplici
53	3.2 Sostanza pura
	3.2.1 Fasi di una sostanza pura, p. 54 - 3.2.2 Il comportamento delle sostanze pure in natura: l'esperimento pVT, p. 55 - 3.2.3 Superficie caratteristica, p. 57 - 3.2.4 Punto critico, p. 59 - 3.2.5 Regola delle fasi, p. 61 - 3.2.6 Il caso dell'acqua, p. 62 - 3.2.7 Diagramma pressione-Temperatura (pT), p. 63 - 3.2.8 Diagramma pressione-volume specifico (piano di Clapeyron), p. 67
71	3.3 Equazioni di stato
	3.3.1 Equazione di stato dei gas ideali, p. 72 - 3.3.2 Altre equazioni di stato, p. 76
76	3.4 Energia interna, entalpia e calore specifico
79	3.5 Metodi semplificati per il calcolo delle proprietà
	3.5.1 Proprietà dei vapori, p. 79 - 3.5.2 Proprietà dei gas reali a comportamento ideale, p. 89 - 3.5.3 Proprietà dei liquidi, p. 101
111	CAPITOLO QUARTO - Energia e 1° principio della Termodinamica
111	4.1 Energia totale
	4.1.1 Energia esterna, p. 112 - 4.1.2 Energia interna, p. 115 - 4.1.3 Energia meccanica ed energia termica, p. 116
117	4.2 Variazione del contenuto di energia di un sistema
118	4.3 Energia come Calore
	4.3.1 Convenzione sui segni, p. 119
119	4.4 Energia come Lavoro
	4.4.1 Convenzione sui segni, p. 120 - 4.4.2 Forme di lavoro, p. 121 - 4.4.3 Lavoro di variazione di volume, p. 121 - 4.4.4 Lavoro all'albero (lavoro di elica), p. 124 - 4.4.5 Altre forme meccaniche di lavoro, p. 126 - 4.4.6 Forme non meccaniche di lavoro, p. 128
129	4.5 Grandezze di stato e grandezze di scambio
132	4.6 1° principio della Termodinamica
	4.6.1 1° principio della Termodinamica per i sistemi chiusi, p. 133 - 4.6.2 1° principio della Termodinamica per i sistemi aperti, p. 144 - 4.6.3 Confronto fra le formulazioni per i sistemi chiusi e per i sistemi aperti, p. 155

161 **CAPITOLO QUINTO - Entropia e 2° principio della Termodinamica**







- 161 5.1 Introduzione
 5.1.1 Formulazione del 2° principio della Termodinamica, p. 167
- 168 5.2 Entropia
 5.2.1 Equazione di bilancio dell'entropia, p. 168 - 5.2.2 Variazione del contenuto di entropia di un sistema, p. 169
- 169 5.3 2° principio della Termodinamica
 5.3.1 2° principio della Termodinamica per i sistemi chiusi, p. 170 - 5.3.2 2° principio della Termodinamica per i sistemi aperti, p. 172 - 5.3.3 2° principio della Termodinamica per i sistemi isolati, p. 174 - 5.3.4 Reversibilità e irreversibilità, p. 175 - 5.3.5  Disuguaglianza di Clausius, p. 180 - 5.3.6 Verso di una trasformazione, p. 180










189 **CAPITOLO SESTO - Conseguenze del 2° principio della Termodinamica**







- 190 6.1 Equazioni del TDS o di Gibbs
 6.1.1 Prima equazione del TdS, p. 190 - 6.1.2 Seconda equazione del TdS, p. 190 - 6.1.3  Equazioni di Maxwell, p. 192
- 192 6.2 Calore specifico (o capacità termica specifica)
- 196 6.3 Calcolo della variazione di energia interna, entalpia ed entropia
- 198 6.4 Metodi semplificati per il calcolo della variazione di entropia
 6.4.1 Vapori, p. 199 - 6.4.2 Gas reali a comportamento ideale, p. 200 - 6.4.3 Liquidi, p. 201
- 205 6.5 Espressioni del lavoro ed equazione dell'energia meccanica
 6.5.1 Lavoro scambiato nei sistemi chiusi, p. 206 - 6.5.2 Lavoro scambiato nei sistemi aperti – equazione dell'energia meccanica, p. 208
- 212 6.6 Trasformazioni politropiche
 6.6.1 Trasformazioni isocore, p. 214 - 6.6.2 Trasformazioni isobare, p. 215 - 6.6.3 Trasformazioni isoterme del gas ideale, p. 216 - 6.6.4 Trasformazioni adiabatiche, p. 218
- 223 6.7 Piani termodinamici
 6.7.1 Diagramma Temperatura-entropia (Ts), p. 224 - 6.7.2 Diagramma entalpia-entropia, di Mollier (hs), p. 229 - 6.7.3 Diagramma pressione-entalpia (ph), p. 230










235 **CAPITOLO SETTIMO - 2° principio e sistemi di conversione dell'energia**

- 235 7.1 Introduzione
- 236 7.2 Macchina Termica o Motore Termico








	7.2.1	Postulato di Kelvin-Planck, p. 239
	7.2.2	Rendimento della Macchina Termica, p. 240
	7.2.3	Rendimento massimo della Macchina Termica – Teorema di Carnot, p. 241
	7.2.4	Rendimento di 2° principio, p. 244
246	7.3	Ciclo di Carnot
	7.3.1	 Temperatura termodinamica, p. 249
	7.3.2	 Ciclo a più di due sorgenti, p. 249
249	7.4	Macchine frigorifere e pompe di calore
	7.4.1	Postulato di Clausius, p. 251
	7.4.2	Macchina Inversa, p. 251
	7.4.3	Ciclo di Carnot inverso, p. 257
265	CAPITOLO OTTAVO - Componenti	
265	8.1	Introduzione
266	8.2	Macchine a fluido
	8.2.1	Espansori a vapore, p. 269
	8.2.2	Espansori a gas, p. 274
	8.2.3	Compressori di vapore, p. 280
	8.2.4	Compressori di gas, p. 285
	8.2.5	Pompe, p. 292
295	8.3	Componenti per lo scambio di calore
	8.3.1	Scambiatori a superficie, p. 297
	8.3.2	Caldaie e generatori di vapore, p. 301
	8.3.3	Miscelatori adiabatici, p. 304
307	8.4	Valvole di laminazione
	8.4.1	 Coefficiente di Joule-Thomson, p. 312
319	CAPITOLO NONO - Cicli diretti	
320	9.1	Introduzione
320	9.2	Cicli diretti a vapore
	9.2.1	Ciclo di Rankine endoreversibile, p. 322
	9.2.2	 Modi per aumentare il rendimento del ciclo endoreversibile di Rankine, p. 338
	9.2.3	Ciclo di Rankine reale, p. 339
342	9.3	Cicli diretti a gas
	9.3.1	Ciclo endoreversibile di Joule standard, p. 344
	9.3.2	Ciclo di Joule standard, p. 354
	9.3.3	Motori alternativi, p. 359
	9.3.4	 Ciclo di Stirling, p. 373
	9.3.5	 Cicli combinati e cogenerazione, p. 373
383	CAPITOLO DECIMO - Cicli inversi	
383	10.1	Introduzione
386	10.2	Cicli inversi a vapore
	10.2.1	Ciclo di Carnot inverso, p. 386
	10.2.2	Ciclo a compressione di vapore standard, p. 394
	10.2.3	Ciclo a compressione di vapore reale, p. 405
	10.2.4	Fluidi frigoriferi, p. 413

- 415 10.3 Altre tecnologie
 10.3.1  Cicli alimentati con energia termica, p. 415 - 10.3.2  Tecnologie elettromeccaniche, p. 416 - 10.3.3  Tecnologie allo stato solido, p. 416
- 423 **CAPITOLO UNDICESIMO - Miscele di gas. Aria atmosferica**
- 423 11.1 Introduzione
- 424 11.2  Miscele di gas
 11.2.1  Comportamento delle miscele di gas ideali e reali, p. 424 - 11.2.2  Proprietà delle miscele di gas ideali, p. 425 - 11.2.3  Processi di miscelazione di gas ideali, p. 425
- 425 11.3  Miscele di gas e vapori
- 427 11.4 Aria atmosferica
 11.4.1 Proprietà dell'aria atmosferica, p. 431 - 11.4.2 Temperatura di rugiada, p. 436 - 11.4.3 Temperatura di saturazione adiabatica, p. 438 - 11.4.4 Temperatura di bulbo umido (o bagnato), p. 440 - 11.4.5 Diagramma psicrometrico, p. 442
- 459 **CAPITOLO DODICESIMO - Termodinamica e trasmissione del calore**
- 459 12.1 Termodinamica e Trasmissione del calore
- 461 12.2 I meccanismi di scambio termico: descrizione introduttiva
 12.2.1 Generalità sulla conduzione termica, p. 462 - 12.2.2 Generalità sulla convezione termica, p. 463 - 12.2.3 Generalità sull'irraggiamento termico, p. 464
- 466 12.3 Equazioni fondamentali, relazioni empiriche, ipotesi semplificative
 12.3.1 Ipotesi relative alle proprietà del mezzo materiale in cui avviene lo scambio termico, p. 469 - 12.3.2 Ipotesi relative alla dipendenza dal tempo dei processi di scambio termico: il regime stazionario, p. 472 - 12.3.3 Ipotesi relative alla generazione interna di calore, p. 474 - 12.3.4 Ipotesi relative alla direzione del flusso di calore, p. 475
- 478 12.4 Esempi applicativi di problemi di scambio termico
- 487 **CAPITOLO TREDICESIMO - Conduzione termica in regime stazionario**
- 487 13.1 Introduzione
- 488 13.2 Il postulato di Fourier della conduzione termica
 13.2.1 Il gradiente di temperatura e il flusso termico conduttivo, p. 489 - 13.2.2 La conduttività termica dei materiali, p. 493
- 498 13.3 La conduzione termica monodimensionale in regime stazionario
 13.3.1 Flusso termico conduttivo monodimensionale in regime stazionario in uno strato piano, p. 498 - 13.3.2  Approfondimenti sulla Conduttività termica dei










- materiali, p. 503 - 13.3.3 Il metodo risolutivo dell'analogia elettrica, p. 504 - 13.3.4 Flusso termico conduttivo monodimensionale in regime stazionario in uno strato cilindrico, p. 521 - 13.3.5  Flusso termico conduttivo monodimensionale in regime stazionario in uno strato sferico, p. 531
- 531 13.4 La conduzione termica multidimensionale in regime stazionario
13.4.1  Il metodo del fattore di forma per la conduzione termica, p. 532
- 539 CAPITOLO QUATTORDICESIMO - Introduzione alla Termofluidodinamica. La convezione termica**
- 539 14.1 Introduzione
- 540 14.2 Generalità sulle proprietà e sul moto di un fluido
14.2.1 Flusso interno e flusso esterno, p. 540 - 14.2.2 Forze di volume in un fluido. La densità di un fluido, p. 541 - 14.2.3 Forze di superficie in un fluido. La pressione e gli sforzi tangenziali, p. 544 - 14.2.4 I regimi di flusso: flusso laminare e flusso turbolento, p. 553
- 558 14.3 Le leggi della convezione termica
14.3.1 Introduzione alle leggi fondamentali della convezione termica, p. 558 - 14.3.2 La legge di Newton della convezione termica, p. 560 - 14.3.3  Approfondimento sul significato fisico del numero di Prandtl e del numero di Nusselt, p. 577
- 577 14.4 Lo scambio termico in convezione forzata con flusso esterno
14.4.1  Convezione forzata esterna su lastra piana, p. 579 - 14.4.2  Convezione forzata esterna su superficie cilindrica in flusso incrociato, p. 579
- 579 14.5 Lo scambio termico in convezione forzata con flusso interno
14.5.1 Convezione forzata interna in un tubo cilindrico, p. 579
- 598 14.6 Lo scambio termico in convezione naturale
14.6.1 Convezione termica naturale con flusso esterno, p. 600 - 14.6.2 Convezione mista naturale e forzata, p. 607
- 608 14.7 Il metodo dell'analogia elettrica per la convezione termica: la resistenza termica convettiva
- 611 14.8 Introduzione alla fluidodinamica del sistema di circolazione sanguigna
- 621 CAPITOLO QUINDICESIMO - La trasmissione del calore per irraggiamento**
- 622 15.1 Introduzione e concetti preliminari
- 624 15.2 Interazione della radiazione termica con la materia
- 628 15.3 L'irraggiamento termico da corpo nero
15.3.1 La distribuzione di Planck, p. 629 - 15.3.2 La legge di Wien, p. 631 - 15.3.3 La legge di Stefan-Boltzmann, p. 633 - 15.3.4  L'emissione di banda, p. 636

- 636 15.4 L'irraggiamento termico da superfici reali
 15.4.1 Il potere emissivo e l'emissività di una superficie reale, p. 637 - 15.4.2 I coefficienti di assorbimento, riflessione e trasmissione di una superficie reale, p. 639 - 15.4.3 Superfici semitrasparenti selettive: l'effetto serra, p. 641 - 15.4.4  La radiazione solare sul suolo terrestre, p. 645 - 15.4.5 Il modello di corpo grigio per le superfici reali e la legge di Kirchhoff, p. 645
- 649 15.5 Lo scambio termico per irraggiamento
 15.5.1 Il fattore di vista, p. 649 - 15.5.2 Relazioni tra fattori di vista, p. 652 - 15.5.3 Bilancio termico radiativo su una superficie grigia: la resistenza radiativa superficiale, p. 654 - 15.5.4 Scambio termico tra due superfici grigie: la resistenza radiativa spaziale, p. 656 - 15.5.5 Scambio termico tra radiative in cavità con N superfici grigie: reti di resistenze radiative, p. 657 - 15.5.6 Scambio termico per irraggiamento tra corpi neri, p. 659 - 15.5.7 Potenza termica trasmessa per irraggiamento in una cavità composta da due superfici a diversa temperatura, p. 660
- 665 15.6 Il modello resistivo e il coefficiente di scambio termico per irraggiamento
- 668 15.7  Grandezze caratteristiche dell'irraggiamento
- 675 CAPITOLO SEDICESIMO - Meccanismi combinati di scambio termico**
- 676 16.1 Meccanismi combinati di scambio termico in regime stazionario
 16.1.1 Introduzione, p. 676 - 16.1.2 Il modello termico resistivo e le reti di resistenze termiche, p. 678 - 16.1.3 Il modello termico resistivo per il calcolo della potenza termica trasmessa attraverso la parete di separazione tra due ambienti a temperatura differente, p. 681
- 703 16.2  Meccanismi combinati di scambio termico in regime stazionario in sistemi con temperatura superficiale non uniforme
 16.2.1  Generalità sulle alette e sulle superfici alettate, p. 703 - 16.2.2  Distribuzione di temperatura in un'aletta potenza termica potenza dissipata, p. 703 - 16.2.3  Parametri caratteristici di un'aletta: efficienza ed efficacia di un'aletta, p. 703 - 16.2.4  Superfici alettate, p. 704 - 16.2.5  Resistenza di contatto, p. 704
- 704 16.3 Scambiatori di calore
 16.3.1 Tipologie di scambiatori, p. 704 - 16.3.2 Analisi termica, p. 707 - 16.3.3 Coefficiente globale di scambio termico, p. 712 - 16.3.4 Media logaritmica delle differenze di temperatura, p. 718 - 16.3.5 Disposizione di flusso in equicorrente e in controcorrente, p. 721 - 16.3.6 Progettazione di uno scambiatore con il metodo del ΔT_{ML} , p. 731 - 16.3.7  Efficienza di uno scambiatore di calore, p. 732 - 16.3.8 Il metodo "efficienza-NTU", p. 732
- 733 16.4 Meccanismi di scambio termico in regime variabile nel tempo
 16.4.1 Introduzione, p. 733 - 16.4.2 Flusso termico transitorio in sistemi con resistenza interna trascurabile, p. 738









755 **CAPITOLO DICIASSETTESIMO - Benessere termoigrometrico. Le trasformazioni dell'aria umida**






- 755 17.1 Introduzione
- 756 17.2  **Benessere termoigrometrico**
- 17.2.1  **Termodinamica e sistemi biologici**, p. 756 - 17.2.2  **Il bilancio energetico del corpo umano**, p. 756 - 17.2.3  **Le grandezze che influenzano il comfort termoigrometrico**, p. 756 - 17.2.4  **Le equazioni di Fanger del comfort termoigrometrico**, p. 757 - 17.2.5  **Gli indici di valutazione del comfort termoigrometrico**, p. 757
- 757 17.3 **Le trasformazioni dell'aria umida**
- 17.3.1 **Riscaldamento e raffreddamento sensibile (a umidità specifica costante)**, p. 759 - 17.3.2 **Riscaldamento con umidificazione**, p. 762 - 17.3.3 **Raffreddamento con deumidificazione**, p. 770 - 17.3.4 **Raffreddamento evaporativo**, p. 776 - 17.3.5 **Miscelazione adiabatica**, p. 779
- 782 17.4  **Torri evaporative**

791 **CAPITOLO DICIOTTESIMO - Approfondimenti di Termodinamica applicata. Exergia e analisi exergetica**

- 791 18.1  **Introduzione**
- 791 18.2  **Exergia**
- 18.2.1  **Equazione di bilancio dell'exergia**, p. 791 - 18.2.2  **Variazione del contenuto di exergia di un sistema**, p. 791 - 18.2.3  **Exergia associata a una quantità di calore**, p. 791 - 18.2.4  **Exergia associata a un flusso di massa**, p. 791
- 791 18.3  **Efficienza exergetica**
- 791 18.4  **Analisi exergetica**
- 791 18.5  **Applicazioni dell'analisi exergetica**

793 **CAPITOLO DICIANNOVESIMO - Approfondimenti di Trasmissione del calore**

- 793 19.1  **Le equazioni fondamentali della conduzione termica**
- 19.1.1  **Equazione di Fourier, equazione di Poisson, equazione di Laplace della conduzione termica**, p. 793 - 19.1.2  **Condizioni al contorno**, p. 793
- 793 19.2  **Soluzione della equazione della conduzione termica in regime stazionario**
- 19.2.1  **Soluzione con metodi analitici**, p. 793 - 19.2.2  **Soluzione con metodi numerici**, p. 793 - 19.2.3  **Soluzione approssimata con il metodo del fattore di forma**, p. 793
- 793 19.3  **Soluzione della equazione della conduzione termica in regime variabile nel tempo**

- 19.3.1  Soluzione con metodi analitici, p. 793 - 19.3.2  Soluzione con
metodi numerici, p. 794
- 794 19.4  Lo scambio termico in regime variabile nel tempo
- 19.4.1  Introduzione, p. 794 - 19.4.2  Soluzione della equazione della
conduzione termica in regime variabile nel tempo, p. 794

A1 APPENDICI

- A3 *Piani termodinamici*
- A15 *Tabelle con le proprietà di sostanze di impiego comune nella fisica tecnica*
- A47 *Tabelle di conversione delle unità di misura*
- A53 *Nomenclatura*
- A59 *Bibliografia*
- A63 *Indice analitico*