

## Indice

Presentazione dell'edizione italiana XI

Prefazione XIII

### 1 I CONCETTI FONDAMENTALI DELLA TERMODINAMICA 1

- 1.1 La termodinamica e l'energia 2
- 1.2 Le grandezze fisiche e le uniti di misura 4
- 1.3 I sistemi chiusi e i sistemi aperti 7
- 1.4 Le forme di energia 8
- 1.5 Le proprietà di un sistema termodinamico 11
- 1.6 Lo stato e l'equilibrio 12
- 1.7 Le trasformazioni e i cicli termodinamici 13
- 1.8 Il postulato di stato 16
- 1.9 La pressione 16
- 1.10 La temperatura e il principio zero della termodinamica 20
- 1.11 Sommario 24

### 2 LE PROPRIETÀ DELLE SOSTANZE PURE 27

- 2.1 Le sostanze pure 28
- 2.2 Le fasi di una sostanza pura 28
- 2.3 I cambiamenti di fase delle sostanze pure 30
- 2.4 Diagrammi di stato per trasformazioni con cambiamento di fase 33
- 2.5 La superficie p-V-T 39
- 2.6 Le tabelle delle proprietà 40
- 2.7 L'equazione di stato dei gas perfetti 46
- 2.8 Il fattore di compressibilità. Una misura dello scostamento dal comportamento di gas perfetto 49
- 2.9 Le altre equazioni di stato 52
- 2.10 Sommario 57

### 3 IL PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA: I SISTEMI CHIUSI 59

- 3.1 Introduzione al primo principio della termodinamica 60
- 3.2 La trasmissione di calore 60
- 3.3 Il lavoro 67
- 3.4 Le forme meccaniche del lavoro 71
- 3.5 Il primo principio della termodinamica 78
- 3.6 I calori specifici 84
- 3.7 Energia interna, entalpia e calori specifici dei gas perfetti 85
- 3.8 Energia interna, entalpia e calori specifici di solidi e liquidi 93
- 3.9 Gli aspetti termodinamici dei sistemi biologici 95
- 3.10 Sommario 101

### 4 IL PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA: I VOLUMI DI CONTROLLO 105

- 4.1 L'analisi termodinamica dei volumi di controllo 106
- 4.2 I processi a flusso stazionario 111

4.3 Alcuni dispositivi a flusso stazionario 115

4.4 Sommario 126

## 5 ALI IL SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA 129

5.1 Introduzione al secondo principio della termodinamica 130

5.2 I serbatoi di energia termica 131

5.3 I motori termici 131

5.4 - Macchine frigorifere e pompe di calore 137

5.5 Le macchine a moto perpetuo 143

5.6 Trasformazioni reversibili e irreversibili 145

5.7 Il ciclo di Carnot 150

5.8 I teoremi di Carnot 152

5.9 La scala termodinamica di temperatura 153

5.10 Il motore termico di Carnot 155

5.11 La macchina frigorifera e la pompa di calore di Carnot 158

5.12 Sommario 160

## 6 L'ENTROPIA 163

6.1 La diseguaglianza di Clausius 164

6.2 L'entropia 165

6.3 Il principio dell'aumento dell'entropia 167

6.4 Il bilancio di entropia 169

6.5 Che cos' è l'entropia? 173

6.6 Il diagramma T-s 176

6.7 La valutazione della variazione di entropia 178

6.8 La variazione di entropia di solidi e liquidi 18()

6.9 La variazione di entropia dei gas perfetti 182

6.10 Il lavoro per trasformazioni reversibili in condizioni  
di flusso stazionario 186

6.11 Sommario 189

## 7 CICLI DIRETTI E CICLI INVERSI 193

7.1 Considerazioni fondamentali nell'analisi dei cicli diretti 195

7.2 Il ciclo di Carnot come ciclo di confronto 197

7.3 I cicli ad aria standard 199

7.4 Descrizione dei motori alternativi 200

7.5 Il ciclo Otto: ciclo ideale dei motori ad accensione comandata 202

7.6 Il ciclo Diesel: ciclo ideale dei motori ad accensione spontanea 209

7.7 Il ciclo Brayton: ciclo ideale degli impianti a turbina a gas 213

7.8 Il ciclo Brayton con rigenerazione 219

7.9 Il ciclo ideale della propulsione a getto 223

7.10 Il ciclo di Carnot a vapore 230

7.11 Il ciclo Rankine: ciclo ideale degli impianti motori a vapore 231

7.12 Il ciclo Rankine ideale con risurriscaldamento 239

7.13 Macchine frigorifere e pompe di calore 243

7.14 Il ciclo inverso di Carnot 244

7.15 Il ciclo inverso a compressione di vapore ideale 246

7.16 Proprietà dei refrigeranti 250

7.17 Le pompe di calore 252

7.18 La refrigerazione termoelettrica 253

7.19 Sommario 255

## 8 LE MISCELE DI GAS261

- 8.1 La composizione delle miscele di gas 262
- 8.2 Comportamento p-v-T delle miscele di gas:  
gas perfetti e gas reali 264
- 8.3 Le proprietà delle miscele di gas: gas perfetti e gas reali 269
- 8.4 Sommario 277

## 9 MISCELE GAS-VAPORE E CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA 281

- 9.1 Aria secca e aria atmosferica 282
- 9.2 Umidità assoluta e umidità relativa 283
- 9.3 La temperatura di rugiada 285
- 9.4 La temperatura di saturazione adiabatica e la temperatura  
di bulbo umido 287
- 9.5 Il diagramma psicrometrico 290
- 9.6 Il benessere termoigrometrico e il condizionamento dell'aria 292
- 9.7 Trasformazioni per il condizionamento dell'aria 294
- 9.8 Sommario 307

- 14.4 Le proprietà radiative 483
- 14.5 La radiazione solare e atmosferica 492
- 14.6 Il fattore di vista 497
- 14.7 La trasmissione di calore per irraggiamento: superfici nere 510
- 14.8 La trasmissione di calore per irraggiamento: superfici  
grigie e diffondenti 512
- 14.9 Gli schermi di radiazione e l'influenza dell'irraggiamento 525
- 14.10 Sommario 529

## 15. GLI SCAMBIATORI DI CALORE 533

- 15.1 I diversi tipi di scambiatori di calore 534
- 15.2 Il coefficiente globale di scambio termico 537
- 15.3 Il dimensionamento degli scambiatori di calore 544
- 15.4 La differenza media logaritmica di temperatura 547
- 15.5 Il metodo e-NTU 556
- 15.6 La scelta di uno scambiatore di calore 566
- 15.7 Sommario 570

## 16 IL RAFFREDDAMENTO DELLE APPARECCHIATURE ELETTRONICHE 573

- 16.1 Introduzione e cenni storici 575
- 16.2 Costruzione delle apparecchiature elettroniche 576
- 16.3 Il carico termico delle apparecchiature elettroniche 582
- 16.4 L'ambiente termico 584
- 16.5 Il raffreddamento delle apparecchiature elettroniche  
in differenti applicazioni 585
- 16.6 Il raffreddamento per conduzione 588
- 16.7 Il raffreddamento ad aria: la convezione naturale  
e l'irraggiamento 603
- 16.8 Il raffreddamento ad aria: la convezione forzata 610
- 16.9 Il raffreddamento a liquido 625
- 16.10 Il raffreddamento a immersione 628
- 16.11 I tubi di calore 633
- 16.12 Sommario 638

LETTURE CONSIGLIATE641

APPENDICE TABELLE DELLE PROPRIET

E DIAGRAMMI643