

Indice

Nota preliminare, IX

Ringraziamenti, XI

Prefazione, XIII

PARTE PRIMA DALLE MACCHINE TERMICHE ALLA COSMOLOGIA

1. Concetti fondamentali, 3

Introduzione, 3

- 1.1 Sistemi termodinamici, 4
- 1.2 Equilibrio e non-equilibrio, 5
- 1.3 Temperatura, calore e leggi dei gas, 7
- 1.4 Stati della materia e equazione di van der Waals, 11

2. Primo principio, 16

Conservazione dell'energia e scoperte dell'Ottocento, 16

- 2.1 Natura del calore, 17
- 2.2 Primo principio e conservazione dell'energia, 20
- 2.3 Applicazioni elementari del primo principio, 26
- 2.4 Conservazione dell'energia nelle reazioni chimiche, 30
- 2.5 Grado di avanzamento delle reazioni chimiche, 36
- 2.6 Conservazione dell'energia nelle reazioni nucleari, 38

3. Il secondo principio e la freccia del tempo, 40

- 3.1 Nascita del secondo principio, 40
- 3.2 Scala assoluta delle temperature, 46
- 3.3 Secondo principio e concetto di entropia, 47
- 3.4 Processi reversibili e irreversibili, 51
- 3.5 Variazione di entropia e processi irreversibili, 56
- 3.6 Variazione di entropia e transizioni di fase, 58
- 3.7 Entropia dei gas perfetti, 60
- 3.8 Secondo principio e processi irreversibili, 60

4. Entropia e reazioni chimiche, 62
 - 4.1 Potenziali chimici e affinità, 62
 - 4.2 Proprietà generali dell'affinità, 67
 - 4.3 Produzione di entropia dovuta alla diffusione, 68
 - 4.4 Proprietà generali dell'entropia, 69

PARTE SECONDA TERMODINAMICA DELL'EQUILIBRIO

5. Principi variazionali e relazionali termodinamiche, 75
 - Principi variazionali nella descrizione della natura, 75
 - 5.1 Principi variazionali associati al secondo principio, 76
 - 5.2 Relazioni termodinamiche generali, 83
 - 5.3 Potenziale chimico, 86
 - 5.4 Relazioni di Maxwell, 88
 - 5.5 Variabili estensive e variabili intensive, 90
 - 5.6 Tensione superficiale, 91
6. Stati fisici della materia, 95
 - Introduzione, 95
 - 6.1 Gas perfetti, 95
 - 6.2 Gas reali, 99
 - 6.3 Stati condensati, 105
7. Cambiamenti di fase, 108
 - Introduzione, 108
 - 7.1 Equilibrio e diagramma di fase, 108
 - 7.2 Regola delle fasi di Gibbs e teorema di Duhem, 112
 - 7.3 Sistemi binari e ternari, 114
 - 7.4 Costruzione di Maxwell e regola della leva, 119
 - 7.5 Transizioni di fase, 121
8. Soluzioni e miscele, 124
 - 8.1 Soluzioni ideali e non ideali, 124
 - 8.2 Proprietà colligative, 128
 - 8.3 Solubilità, 133
 - 8.4 Miscele e grandezze d'eccesso, 137
 - 8.5 Miscele azeotropiche, 140
9. Trasformazioni chimiche, 142
 - 9.1 Trasformazioni della materia, 142
 - 9.2 Cinetica chimica, 143
 - 9.3 Legge di azione di massa, 147
 - 9.4 Principio del bilancio dettagliato, 152
 - 9.5 Reazioni e produzione di entropia, 153
10. Campi e gradi di libertà interni, 157
 - 10.1 Potenziale chimico in presenza di un campo, 157
 - 10.2 Membrane e celle elettrochimiche, 161
 - 10.3 Diffusione, 167
 - 10.4 Gradi di libertà interni, 172

11. Radiazione termica, 176

- 11.1 Densità di energia e intensità della radiazione termica, 176
- 11.2 Equazione di stato, 178
- 11.3 Entropia e processi adiabatici, 180
- 11.4 Teorema di Wien, 181
- 11.5 Potenziale chimico e radiazione termica, 182
- 11.6 Equilibrio materia-antimateria e radiazione termica, 184

PARTE TERZA FLUTTUAZIONI E STABILITÀ

12. Teoria classica della stabilità termodinamica, 189

- 12.1 Teoria classica della stabilità, 189
- 12.2 Stabilità termica, 190
- 12.3 Stabilità meccanica, 191
- 12.4 Stabilità chimica e stabilità di diffusione, 192

13. Fenomeni critici, 196

- 13.1 Stabilità e fenomeni critici, 196
- 13.2 Soluzioni binarie, 198
- 13.3 Capacità termica e stabilità termodinamica, 201

14. Produzione di entropia, stabilità e fluttuazioni, 203

- 14.1 Stabilità e produzione di entropia, 203
- 14.2 Termodinamica e fluttuazioni, 206

PARTE QUARTA FUORI DALL'EQUILIBRIO: REGIME LINEARE

15. Termodinamica fuori dall'equilibrio: principi generali, 215

- 15.1 Equilibrio locale, 215
- 15.2 Bilancio delle concentrazioni, 218
- 15.3 Bilancio dell'energia, 220
- 15.4 Bilancio dell'entropia, 224

16. Termodinamica fuori dall'equilibrio: regime lineare, 226

- 16.1 Leggi lineari, 226
- 16.2 Relazioni di Onsager e principio di simmetria, 228
- 16.3 Fenomeni termoelettrici, 231
- 16.4 Diffusione, 234
- 16.5 Reazioni chimiche, 238
- 16.6 Conduzione nei solidi anisotropi, 242
- 16.7 Fenomeni elettrocinetici e relazioni di Saxen, 243
- 16.8 Diffusione termica, 246

17. Stati stazionari di non-equilibrio in regime lineare, 250

- 17.1 Stati stazionari di non-equilibrio, 250
- 17.2 Minimo della produzione di entropia, 255
- 17.3 Evoluzione della produzione di entropia e stabilità, 262

18. Termodinamica non lineare, 267

- 18.1 Lontano dall'equilibrio, 267
- 18.2 Proprietà generali della produzione di entropia, 268
- 18.3 Stabilità degli stati stazionari di non equilibrio, 270
- 18.4 Analisi lineare della stabilità, 274

19. Strutture dissipative, 277

- 19.1 Ruolo costruttivo dei processi irreversibili, 277
- 19.2 Instabilità, biforcazioni e rotture di simmetria, 277
- 19.3 Simmetria chirale e biologia, 280
- 19.4 Oscillazioni chimiche, 286
- 19.5 Strutture di Turing e propagazione di onde, 291
- 19.6 Instabilità strutturale e evoluzione biologica, 295

20. Prospettive, 297

- Introduzione, 297
- 20.1 Scienza dei materiali, 298
- 20.2 Biologia, 299
- 20.3 Geologia, 302
- 20.4 Clima terrestre, 303
- 20.5 Conclusioni, 304

APPENDICI

- 1.1 Derivate parziali, 307
- 15.1 Produzione di entropia, 308
- 18.1 Criterio di evoluzione termodinamica, 310
- 18.2 Criterio di stabilità termodinamica, 311

Calcolo numerico, 315

- Equazione di van der Waals, 315
- Soluzione di equazioni differenziali, 316
- Studio di sistemi dinamici, 317

Esempi e esercizi, 319

Costanti e notazioni, 345

- Costanti e valori utili, 345
- Unità comuni, 346
- Notazioni e convenzioni comuni, 346

Bibliografia, 349

Indice analitico, 355