

# SUMÁRIO

## PARTE 1



## PARTE 2



### INTRODUÇÃO À TERMOLOGIA

#### **Capítulo 1** • Conceitos fundamentais, 2

1. Termologia: observações macroscópicas, interpretações microscópicas, 2
2. Energia térmica e calor, 2
3. Noção de temperatura, 3
4. Os estados de agregação da matéria, 4

### A TEMPERATURA E SEUS EFEITOS

#### **Capítulo 2** • A medida da temperatura — Termometria, 9

1. Sensação térmica, 9
  2. Medida da temperatura. Termômetro, 9
    - Leitura — O “termômetro” de Galileu, 10
  3. Graduação de um termômetro. Escalas termométricas, 11
    - 3.1. Conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, 12
      - Leitura — A medida da temperatura corporal, 12
  4. Variação de temperatura, 15
    - Leitura — O termômetro de máxima e mínima, 16
  5. Função termométrica, 18
    - Leitura — Outros tipos de termômetro, 19
  6. A temperatura como medida da agitação térmica. A escala absoluta Kelvin, 19
    - Leitura — Temperaturas absolutas notáveis, 22
    - Exercícios propostos de recapitulação, 22
- A Física em nosso Mundo — Criogenia – a Física das baixas temperaturas, 27
- Atividade experimental — A sensação térmica, 29
- História da Física — A história do termômetro e das escalas termométricas, 29

#### **Capítulo 3** • Dilatação térmica de sólidos e líquidos, 31

1. Introdução, 31
2. Dilatação linear dos sólidos, 32
  - 2.1. Dilatação relativa, 34
3. Gráficos da dilatação linear, 34
  - Leitura — A lâmina bimetálica, 35
  - Leitura — A dilatação térmica no dia-a-dia, 37
4. Dilatação superficial dos sólidos, 38
5. Dilatação volumétrica dos sólidos, 40
6. Dilatação térmica dos líquidos, 42
  - 6.1. Relação entre os coeficientes, 43
    - Exercícios propostos de recapitulação, 40
  - A Física em nosso Mundo — O comportamento anômalo da água, 51
  - Atividade experimental — O anel de Gravezande, 54

# PARTE 3



## CALOR: ENERGIA TÉRMICA EM TRÂNSITO

### Capítulo 4 • A medida do calor — Calorimetria, 56

1. Calor: energia térmica em trânsito, 56
  2. Calor sensível e calor latente, 57
  3. Quantidade de calor sensível. Equação fundamental da Calorimetria. Calor específico, 57
  4. Capacidade térmica de um corpo, 59
  5. Trocas de calor. Calorímetro, 62
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 65
  - *Exercícios especiais de Calorimetria*, 71
  - A Física em nosso Mundo — *As calorias dos alimentos*, 75
  - Atividade experimental — *Determinando a capacidade térmica de um calorímetro*, 77
  - História da Física — *A evolução do conceito de calor*, 78

### Capítulo 5 • Mudanças de fase, 79

1. Considerações gerais, 79
  2. Quantidade de calor latente, 81
  3. Curvas de aquecimento e de resfriamento, 81
  4. O fenômeno da superfusão, 88
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 89
  - Atividade experimental — *Determinação da potência de uma fonte de calor*, 94

### Capítulo 6 • Os diagramas de fases, 95

1. Diagrama de fases, 95
  2. Equilíbrio sólido-líquido. Fusão e solidificação, 97
    - 2.1. Substâncias que se dilatam na fusão, 97
    - 2.2. Substâncias que se contraem na fusão, 98
  3. Equilíbrio líquido-vapor. Ebulição e condensação, 100
  4. Pressão máxima de vapor. Isotermas de Andrews, 102
  5. Umidade do ar. Evaporação, 105
  6. Equilíbrio sólido-vapor. Sublimação, 106
- *Leitura* — *O ciclo da água na natureza*, 108
  - *Exercícios propostos de recapitulação*, 109
  - A Física em nosso Mundo — *A sensação de calor e umidade*, 116
  - Atividade experimental I — *Congelamento da água*, 119
  - Atividade experimental II — *Reproduzindo a experiência de Tyndall*, 119
  - Atividade experimental III — *Influência da pressão na ebulição da água*, 120

### Capítulo 7 • Propagação do calor, 121

1. Fluxo de calor, 121
  2. Condução térmica, 121
  3. Lei da condução térmica, 123
  4. Aplicações da condução térmica, 125
- *Leitura* — *A condução do calor no dia-a-dia*, 126
  - 5. Convecção térmica, 127
  - 6. Noções de irradiação térmica, 128
  - 7. Lei de Stefan-Boltzmann. Lei de Kirchhoff, 130

## PARTE 4



- 8. Aplicações e efeitos da irradiação, 132
  - 8.1. Estufas, 132
  - 8.2. O efeito estufa, 133
  - 8.3. Usos dos raios infravermelhos, 134
- 9. A garrafa térmica, 134
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 134
- A Física em nosso Mundo — *Efeito estufa e aquecimento global*, 140
- Atividade experimental — *O gelo que não derrete*, 143



### ESTUDO DOS GASES E TERMODINÂMICA

#### Capítulo 8 • Estudo dos gases, 145

- 1. Considerações iniciais, 145
- 2. As transformações gasosas, 145
  - 2.1. Transformação isocórica, 146
  - 2.2. Transformação isobárica, 147
  - 2.3. Transformação isotérmica, 148
- 3. Conceito de mol. Número de Avogadro, 151
- 4. Equação de Clapeyron, 152
- 5. Lei geral dos gases perfeitos, 152
- 6. Teoria cinética dos gases, 156
- 7. Pressão, temperatura absoluta e energia cinética de um gás, 158
  - 7.1. Pressão exercida por um gás perfeito, 158
  - 7.2. Energia cinética do gás, 158
  - 7.3. Velocidade média das moléculas, 159
  - 7.4. Energia cinética média por molécula, 159

■ *Exercícios propostos de recapitulação*, 160

■ A Física em nosso Mundo — *A agitação térmica molecular*, 166

#### Capítulo 9 • As leis da Termodinâmica, 169

- 1. Considerações preliminares, 169
- 2. Trabalho numa transformação, 170
- 3. Energia interna. Lei de Joule dos gases perfeitos, 173
- 4. Primeira lei da Termodinâmica, 174
- 5. Transformações gasosas, 176
  - 5.1. Transformação isotérmica (temperatura constante), 176
  - 5.2. Transformação isobárica (pressão constante), 177
  - 5.3. Transformação isocórica (volume constante), 178
  - 5.4. Transformação adiabática, 181
- 6. Transformação cíclica. Conversão de calor em trabalho e de trabalho em calor, 187
- 7. Transformações reversíveis e irreversíveis, 190
- 8. Segunda lei da Termodinâmica, 190
- 9. Conversão de calor em trabalho: máquina térmica, 191
- 10. Conversão de trabalho em calor: máquina frigorífica, 192
- 11. Ciclo de Carnot, 194
- 12. Escala Kelvin termodinâmica, 196
- 13. Princípio da degradação da energia, 198
- 14. Desordem e entropia, 198

## PARTE 5



- Leitura — *O demônio de Maxwell*, 200
- Exercícios propostos de recapitulação, 200
- A Física em nosso Mundo — *O motor a explosão do automóvel*, 210



### ÓPTICA GEOMÉTRICA

#### Capítulo 10 • Introdução à Óptica Geométrica, 217

1. Considerações iniciais, 217
  2. Meios transparentes, translúcidos e opacos, 219
  3. Fenômenos ópticos, 220
  4. A cor de um corpo por reflexão, 221
- Leitura — *O azul do céu*, 221
  - Leitura — *Cores primárias, secundárias e complementares*, 222
5. Princípio da propagação retilínea da luz. Sombra e penumbra, 223
    - 5.1. Eclipses, 225
    - 5.2. Câmara escura de orifício, 226
    - 5.3. Ângulo visual, 227
  6. Princípio da reversibilidade dos raios de luz, 228
  7. Princípio da independência dos raios de luz, 228
- Leitura — *O método de Roemer para a determinação da velocidade de propagação da luz*, 231
  - Leitura — *As fases da lua*, 235
  - Atividade experimental — *Construindo uma câmara escura de orifício*, 237

#### Capítulo 11 • Reflexão da luz. Espelhos planos, 238

1. Reflexão da luz. Leis da reflexão, 238
  2. Imagem de um ponto num espelho plano, 240
  3. Imagem de um objeto extenso, 241
  4. Campo visual de um espelho plano, 244
  5. Translação de um espelho plano, 245
  6. Rotação de um espelho plano, 247
  7. Imagens de um objeto entre dois espelhos, 250
- Leitura — *O periscópio*, 252
  - Exercícios propostos de recapitulação, 252
  - Atividade experimental — *Verificando as propriedades de um espelho plano*, 259

#### Capítulo 12 • Espelhos esféricos, 260

1. Definições e elementos, 260
  2. Espelhos esféricos de Gauss, 261
  3. Focos de um espelho esférico de Gauss, 262
  4. Propriedades dos espelhos esféricos de Gauss, 263
  5. Construção geométrica de imagens, 265
  6. Estudo analítico dos espelhos esféricos, 269
    - 6.1. O referencial de Gauss, 269
    - 6.2. Equação dos pontos conjugados (equação de Gauss), 270
    - 6.3. Aumento linear transversal, 270
- Exercícios propostos de recapitulação, 274
  - A Física em nosso Mundo — *Aplicações dos espelhos esféricos*, 280
  - Atividade experimental — *Imagens em espelhos esféricos*, 283

## Capítulo 13 • Refração luminosa, 284

1. Considerações preliminares, 284
  2. Índice de refração. Refringência, 285
  3. Leis da refração, 287
  4. Ângulo limite. Reflexão total, 290
  5. Dioptra plano, 293
  6. Lâmina de faces paralelas, 295
  7. Prisma, 297
  8. Prismas de reflexão total, 300
  9. Dispersão luminosa, 301
  10. Refração da luz na atmosfera, 303
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 305
  - A Física em nosso Mundo — *As fibras ópticas*, 316
  - Atividade experimental — *Determinação do ângulo limite*, 318

## Capítulo 14 • Lentes esféricas delgadas, 319

1. Introdução, 319
  2. Comportamento óptico das lentes, 320
  3. Focos de uma lente delgada, 323
  4. Propriedades das lentes delgadas, 323
  5. Construção geométrica de imagens, 326
  6. Estudo analítico das lentes, 330
    - 6.1. O referencial de Gauss, 330
    - 6.2. Distância focal e vergência das lentes, 330
    - 6.3. Fórmula dos fabricantes de lentes, 332
    - 6.4. Equação dos pontos conjugados (Equação de Gauss), 334
    - 6.5. Aumento linear transversal, 334
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 338
  - Atividade experimental I — *Determinação da distância focal de uma lente delgada convergente*, 345
  - Atividade experimental II — *Imagens em uma lente delgada divergente*, 345
  - Atividade experimental III — *Imagens em uma lente delgada convergente*, 346

## Capítulo 15 • Instrumentos ópticos, 347

1. Associação de lentes. Lentes justapostas, 347
  2. Instrumentos de projeção, 348
    - 2.1. Câmera fotográfica, 348
    - 2.2. Projetores, 351
  - Leitura — O retroprojetor, 351
  3. Instrumentos de observação, 352
    - 3.1. Lupa ou lente de aumento, 352
    - 3.2. Microscópio composto, 353
    - 3.3. Luneta astronômica, 356
    - 3.4. Luneta terrestre, 358
    - 3.5. Telescópio, 359
  4. O olho humano, 360
  5. Anomalias da visão, 362
    - 5.1. Miopia, 362
    - 5.2. Hipermetropia, 363
    - 5.3. Presbiopia, 365
    - 5.4. Astigmatismo, 365
    - 5.5. Análise de uma receita de óculos, 366
  6. Outras anomalias visuais, 366
    - 6.1. Daltonismo, 366
    - 6.2. Estrabismo, 366
    - 6.3. Catarata, 366
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 367
  - A Física em nosso Mundo — *Fotografia em preto-e-branco*, 372

# PARTE 6



## ONDAS

### Capítulo 16 • Movimento harmônico simples (MHS), 375

1. Movimentos periódicos, 375
  2. Movimento harmônico simples (MHS), 377
  3. Energia no MHS, 379
  4. O MHS e o movimento circular uniforme, 383
    - 4.1. Função horária do MHS, 383
    - 4.2. Função da velocidade escalar do MHS, 384
    - 4.3. Função da aceleração escalar do MHS, 384
  5. Gráficos cinemáticos do MHS, 385
  6. Fase inicial nas funções horárias, 386
  7. Associação de molas, 390
  8. Pêndulo simples, 392
- *Exercícios propostos de recapitulação*, 393
  - A Física em nosso Mundo — *Oscilações amortecidas e forçadas*, 400
  - Atividade experimental — *O pêndulo simples*, 401

### Capítulo 17 • Ondas, 402

1. Conceito de onda, 402
  2. Natureza das ondas, 403
  3. Tipos de ondas, 404
  4. Propagação de um pulso transversal em meios unidimensionais, 405
  5. Reflexão e refração de pulsos, 407
  6. Ondas periódicas, 409
  7. Função de onda, 411
  8. Concordância e oposição de fase, 413
  9. Frente de onda. Princípio de Huygens, 414
  10. Reflexão de ondas, 415
  11. Refração de ondas, 416
  12. Difração de ondas, 420
  13. Polarização de ondas, 420
- Leitura — *Eliminação de reflexos*, 422
  - Leitura — *Cinema em três dimensões*, 422
  - Leitura — *Fontes luminosas comuns e fontes laser*, 423
  - *Exercícios propostos de recapitulação*, 423
  - A Física em nosso Mundo — *O Sol: fonte de energia*, 432
  - Atividade experimental — *Observando fenômenos ondulatórios*, 434

### Capítulo 18 • Interferência de ondas, 435

1. Princípio da superposição, 435
  2. Interferência em uma dimensão. Onda estacionária, 437
  3. Interferência em duas dimensões, 440
  4. Interferência de ondas luminosas, 444
    - 4.1. A experiência de Young, 444
    - 4.2. Interferência em lâminas delgadas, 446
    - 4.3. Os anéis de Newton, 447
- Leitura — *O fenômeno da interferência da luz no dia-a-dia*, 448
  - *Exercícios propostos de recapitulação*, 450
  - Atividade experimental — *Produzindo ondas estacionárias*, 455
  - História da Física — *A evolução da Óptica e da Ondulatória*, 456



## **Capítulo 19** • As ondas sonoras, 458

1. Ondas sonoras, 458
  2. A velocidade do som, 460
  3. Qualidades fisiológicas do som, 463
    - 3.1. Altura, 463
      - Leitura — *A escala musical*, 464
    - 3.2. Intensidade, 464
    - 3.3. Timbre, 466
  4. Propriedades das ondas sonoras, 467
    - 4.1. Reflexão sonora. Reforço, reverberação e eco, 467
      - Leitura — *O sonar*, 469
    - 4.2. Refração e difração sonora, 469
    - 4.3. Interferência sonora, 469
      - Leitura — *A tecnologia do silêncio*, 470
  5. Cordas vibrantes. Ressonância, 473
    - Leitura — *Outros exemplos de ressonância*, 474
  6. Colunas de ar vibrante. Tubos sonoros, 477
  7. Efeito Doppler, 481
    - Leitura — *O efeito Doppler para a luz*, 482
    - Leitura — *A ultra-sonografia*, 484
  8. A barreira do som, 484
    - *Exercícios propostos de recapitulação*, 486
    - A Física em nosso Mundo — *O som também polui*, 498
    - Atividade experimental I — *Telefone de barbante*, 502
    - Atividade experimental II — *Os copos cantantes*, 503
- APÊNDICE** — O Sistema Internacional de Unidades, 504
- QUADRO GERAL DE UNIDADES**, 506
- RESPOSTAS**, 507
- ÍNDICE REMISSIVO**, 522
- LISTA DE SIGLAS**, 529
- BIBLIOGRAFIA**, 532