

Contenido

Prefacio

xi

Notas a los estudiantes y profesores sobre la estructura del libro

xv

*2—9 Aceleración variable (análisis gráfico y uso del cálculo diferencial) 29

*2—10 Aceleración variable (integración numérica) 32

Resumen 34 Preguntas 35

Problemas 36

1 Introducción

1

- 1—1 Ciencia y creatividad 1
- 1—2 Modelos, teorías y leyes 3
- 1—3 Mediciones e incertidumbre 4
- 1—4 Unidades, patrones y el sistema internacional 5
- 1—5 Cantidades básicas vs. derivadas 7
- 1—6 Dimensiones y análisis dimensional 7
- 1—7 Orden de magnitud: una evaluación rápida 10

Resumen 10 Preguntas 11
Problemas 11

2 Movimiento: cinemática en una dimensión

13

- 2—1 Rapidez 14
- 2—2 Sistemas de referencia 14
- 2—3 Conversión de unidades 15
- 2—4 Velocidad promedio; desplazamiento 16
- 2—5 Velocidad instantánea 17
- 2—6 Aceleración 20
- 2—7 Movimiento uniformemente acelerado 22
- 2—8 Caída libre 26

3 Cinemática en dos o tres dimensiones

41

- 3—1 Vectores y escalares 41
- 3—2 Suma de vectores (método gráfico) 42
- 3—3 Sustracción de vectores y multiplicación de un vector por un escalar 43
- 3—4 Método analítico para suma de vectores; componentes 44
- 3—5 Vectores unitarios 44
- 3—6 Velocidad relativa 47
- 3—7 Cinemática vectorial 49
- 3—8 Movimiento de un proyectil 52
- 3—9 Movimiento circular uniforme 55
- 3—10 Movimiento circular acelerado 58

Resumen 58 Preguntas 59
Problemas 59

4 Dinámica: leyes del movimiento de Newton

63

- 4—1 Fuerza 63
- 4—2 Primera ley del movimiento de Newton 64
- 4—3 Masa 66
- 4—4 Segunda ley del movimiento de Newton 67
- 4—5 ¿Leyes o definiciones? 69

- 4—6 Tercera ley del movimiento de Newton 70
 - 4—7 Peso; la fuerza de gravedad 71
 - 4—8 Aplicaciones de las leyes de Newton: fuerzas vectoriales 72
 - 4—9 Aplicaciones que comprenden fricción: plano inclinado 75
 - 4—10 Notas a la solución de problemas 80
- Resumen 81 Preguntas 82
Problemas 82

5 Dinámica del movimiento circular; gravitación y síntesis de Newton 87

- 5—1 Dinámica del movimiento circular 87
 - 5—2 Ley de la gravitación universal de Newton 92
 - 5—3 Forma vectorial de la ley de la gravitación universal de Newton 95
 - 5—4 Gravedad en la vecindad de la superficie de la Tierra 96
 - *5—5 Masa gravitacional y masa inercial 98
 - 5—6 Satélite e ingravidez 98
 - 5—7 Leyes de Kepler y síntesis de Newton 100
 - 5—8 Tipos de fuerzas en la naturaleza 102
 - *5—9 Campo gravitacional 103
- Resumen 104 Preguntas 104
Problemas 105

6 Trabajo y energía 109

- 6—1 Trabajo realizado por una fuerza constante 109
 - 6—2 Producto escalar de dos vectores 111
 - 6—3 Trabajo realizado por una fuerza no constante 112
 - 6—4 Energía cinética y el teorema del trabajo y la energía 116
 - 6—5 Energía potencial 120
 - 6—6 Otras formas de energía 123
 - 6—7 Transformación de la energía 123
- Resumen 124 Preguntas 124
Problemas 125

7 Conservación de la energía 129

- 7—1 Fuerzas conservativas y el teorema del trabajo y la energía 129
 - 7—2 Energía mecánica y su conservación 132
 - 7—3 Ley de conservación de la energía 136
 - 7—4 Significado de la conservación de la energía 138
 - 7—5 Energía potencial gravitacional y velocidad de escape; fuerzas centrales 139
 - *7—6 Diagramas de energía potencial; equilibrio estable e inestable 141
 - 7—7 Potencia 145
- Resumen 147 Preguntas 147
Problemas 148

8 Conservación del momento lineal; muchos cuerpos y colisiones 153

- 8—1 Centro de masa 153
 - 8—2 Localización del centro de masa 155
 - 8—3 Centro de masa y movimiento traslacional 157
 - 8—4 Momento lineal o ímpetu y su relación con la fuerza 159
 - 8—5 Conservación del momento lineal 161
 - 8—6 Colisiones e impulso 162
 - 8—7 Conservación del momento y la energía en las colisiones 165
 - 8—8 Colisiones elásticas en una dimensión 166
 - *8—9 Colisiones elásticas en dos o tres dimensiones 170
 - *8—10 Sistema de referencia del centro del momento (CM) 172
 - *8—11 Colisiones inelásticas 174
 - *8—12 Sistemas de masa variable 175
- Resumen 177 Preguntas 178
Problemas 179

9 Movimiento rotacional alrededor de un eje 185

- 9—1 Cantidades angulares 186
- 9—2 Ecuaciones cinemáticas para el movimiento rotacional uniformemente acelerado 189

- 9—3 Naturaleza vectorial de las cantidades angulares 190
- 9—4 Torca 192
- 9—5 Dinámica rotacional; torca e inercia rotacional 194
- *9—6 Cálculo de los momentos de inercia 199
- *9—7 ¿Por qué se frena una esfera que rueda? 201
- 9—8 Momento angular y su conservación 203
- 9—9 Energía cinética rotacional 206
- Resumen 210 Preguntas 211
- Problemas 211

10 Rotación general 217

- 10—1 Producto cruz vectorial 217
- 10—2 El vector torca 218
- 10—3 Momento angular de una partícula 219
- 10—4 Momento angular y torca para un sistema de partículas; movimiento general 221
- *10—5 Prueba de la relación general entre τ y L 197
- 10—6 Momento angular y torca de un cuerpo rígido 223
- *10—7 Desequilibrio rotacional 225
- 10—8 Conservación del momento angular 226
- 10—9 Una rueda que gira 227
- *10—10 El movimiento del trompo 228
- Resumen 229 Preguntas 230
- Problemas 231

11 Equilibrio, elasticidad y fractura 235

- 11—1 Estática: el estudio de las fuerzas en equilibrio 235
- 11—2 Centro de gravedad 236
- 11—3 Condiciones de equilibrio 237
- 11—4 Elasticidad y módulo elástico: tensión y deformación 240
- 11—5 Fractura 245
- Resumen 246 Preguntas 246
- Problemas 247

12 Fluidos en reposo 25

- 12—1 Densidad específica y relativa 251
- 12—2 Presión de un fluido 253
- 12—3 Presión atmosférica y manométrica 256
- 12—4 Medición de la presión 257
- 12—5 Principio de Pascal 258
- 12—6 Flotabilidad y principio de Arquímedes 259
- *12—7 Tensión superficial 262
- *12—8 Capilaridad 264
- *12—9 Presión negativa y cohesión del agua 265
- Resumen 266 Preguntas 267
- Problemas 268

13 Hidrodinámica: fluidos en movimiento 27

- 13—1 Características del fluido 271
- 13—2 Gasto y ecuación de continuidad 272
- 13—3 Ecuación de Bernoulli 274
- 13—4 Viscosidad 278
- *13—5 Flujo laminar en tubos; ecuación de Poiseuille 279
- *13—6 Flujo turbulento en tubos; número de Reynolds 282
- *13—7 Objetos que se mueven en un fluido: sedimentación y arrastre 283
- Resumen 284 Preguntas 285
- Problemas 285

14 Oscilaciones 28

- 14—1 Oscilaciones de un resorte 289
- 14—2 Movimiento armónico simple 290
- 14—3 Energía en el oscilador armónico simple 296
- 14—4 Movimiento armónico simple relacionado con el movimiento circular uniforme 297
- 14—5 El péndulo simple 298
- *14—6 El péndulo físico 300
- *14—7 Movimiento armónico amortiguado 302

14—8 Vibraciones forzadas; resonancia 304

*14—9 Combinación de dos movimientos armónicos 307

Resumen 309 Preguntas 309

Problemas 310

x^{n-1}

x^n

17—3 Termómetro de gas a volumen constante 371

*17—4 Equilibrio térmico; ley cero de la termodinámica 371

17—5 Expansión térmica 373

*17—6 Compresiones térmicas 375

17—7 Las leyes de los gases y la temperatura absoluta 376

17—8 Ley de los gases ideales 378

17—9 Ley de los gases ideales en términos moleculares; número de Avogadro 380

*17—10 Presión parcial 382

*17—11 Escala de temperatura del gas ideal (un estándar) 382

Resumen 384 Preguntas 385

Problemas 385

15

Movimiento ondulatorio 315

15—1 Características del movimiento ondulatorio 316

15—2 Tipos de ondas 319

15—3 Energía transmitida mediante ondas 322

15—4 Representación matemática de una onda viajera 324

15—5 El principio de superposición 328

15—6 Reflexión de ondas 328

15—7 Refracción 331

15—8 Interferencia 332

15—9 Difracción 335

15—10 Ondas estacionarias; resonancia 335

Resumen 338 Preguntas 339

Problemas 340

x

x^2

x

18

Teoría cinética 389

18—1 La ley del gas ideal y la interpretación molecular de la temperatura 389

18—2 Distribución de velocidades moleculares 393

18—3 Evaporación, presión de vapor y ebullición 395

18—4 Humedad 397

18—5 Gases reales y cambios de fase; el punto crítico 399

*18—6 Ecuación de estado de Van der Waals 402

*18—7 Recorrido libre medio 404

*18—8 Difusión 406

Resumen 410 Preguntas 410

Problemas 411

16

Sonido 345

16—1 Características del sonido 345

16—2 Representación matemática de las ondas longitudinales 347

16—3 Intensidad del sonido 348

16—4 Fuentes sonoras: vibración en cuerdas y columnas de aire 351

*16—5 Timbre del sonido 355

16—6 Interferencia de ondas sonoras; resonancia 355

16—7 Efecto Doppler 358

*16—8 Ondas de choque y resonancia sonora 360

Resumen 362 Preguntas 362

Problemas 363

19

Calor 415

19—1 La antigua teoría del calor; la caloría 415

19—2 Calor como transferencia de energía; el equivalente mecánico del calor 416

19—3 Distinciones entre temperatura, calor y energía interna 417

19—4 Energía interna de un gas ideal 418

19—5 Calor específico 418

19—6 Calor latente 421

17

Temperatura, expansión térmica y ley de los gases ideales 367

17—1 Átomos 367

17—2 Temperatura; termómetros y escalas de temperatura 369

19—7 Transferencia de calor; conducción 423

19—8 Transferencia de calor; convección 426

19—9 Transferencia de calor; radiación 426

Resumen 428 Preguntas 429

Problemas 429

20 Primera ley de la termodinámica

433

20—1 Trabajo realizado en cambios de volumen; procesos isotérmico e isobárico 434

20—2 Primera ley de la termodinámica 435

20—3 Aplicaciones de la primera ley de la termodinámica en algunos procedimientos termodinámicos sencillos 437

20—4 Capacidades caloríficas de los gases y la equipartición de la energía 439

20—5 Expansión adiabática de un gas 442

*20—6 Carácter adiabático de las ondas sonoras 444

Resumen 445 Preguntas 445

Problemas 446

21 Segunda ley de la termodinámica

44

21—1 Necesidad de una nueva ley de la termodinámica 449

21—2 Máquinas térmicas y refrigeradores 450

21—3 Eficiencia de las máquinas térmicas y segunda ley de la termodinámica 452

21—4 La máquina de Carnot; procesos reversibles e irreversibles 454

21—5 Eficiencia de Carnot y segunda ley de la termodinámica 456

21—6 Entropía 458

21—7 Entropía y segunda ley de la termodinámica 461

21—8 Del orden al desorden 464

21—9 Indisponibilidad de energía 466

*21—10 Interpretación estadística de la entropía y de la segunda ley 467

*21—11 Escala termodinámica de temperatura; cero absoluto 469

Resumen 470 Preguntas 471

Problemas 472

Apéndice A Fórmulas matemáticas I

Apéndice B Derivadas e integrales III

Apéndice C Coordenadas polares V

Apéndice D Isótopos seleccionados VII

Respuestas a los problemas impares XI

Índice xv