

Contenido

Al estudiante xiii

Al profesor xiv

Agradecimientos xvii

1 Acerca de la ciencia 2

Mediciones científicas 3
El tamaño de la Tierra 3
El tamaño de la Luna 4

Distancia a la Luna 6
Distancia al Sol 6
El tamaño del Sol 7
Matemáticas: el lenguaje de la ciencia 8
El método científico 9
La actitud científica 9
Ciencia, arte y religión 14
Ciencia y tecnología 15
Física: la ciencia básica 16
En perspectiva 17

PARTE UNO

Mecánica 21

2 Primera ley de Newton del movimiento: inercia 22

El movimiento según Aristóteles 22
Copérnico y la Tierra en movimiento 24
Galileo y la Torre Inclinada 24
Los planos inclinados de Galileo 25
Primera ley de Newton del movimiento 27
Fuerza neta 28
La regla del equilibrio 32
Fuerza de soporte 34
Equilibrio de cosas en movimiento 35
La Tierra en movimiento 36

3 Movimiento rectilíneo 41

El movimiento es relativo 41
Rapidez 41
Rapidez instantánea 42
Rapidez media 42
Velocidad 43
Velocidad constante 44
Velocidad variable 44
Aceleración 44
La aceleración en los planos inclinados de Galileo 47
Caída libre 47
Qué tan rápido 47
Hasta dónde 49
“Qué tan rápido” cambia de rapidez 51

4 Segunda ley de Newton 58

La fuerza causa aceleración 58
Fricción 59
Masa y peso 61

Una masa se resiste a acelerar 63
Segunda ley de Newton del movimiento 64
Cuando la aceleración es g (caída libre) 65
Cuando la aceleración es menor que g (caída no libre) 66

5 Tercera ley de Newton del movimiento 74

Fuerzas e interacciones 74
Tercera ley de Newton del movimiento 75
Definición de tu sistema 77
Acción y reacción sobre masas distintas 79
Resumen de las tres leyes de Newton 82
Vectores 82
Vectores fuerza 83
Vectores velocidad 83
Componentes de vectores 85

6 Cantidad de movimiento 91

Cantidad de movimiento 91
Impulso 92
El impulso cambia la cantidad de movimiento 93
Caso 1: aumento de la cantidad de movimiento 94
Caso 2: disminución de la cantidad de movimiento 94
Caso 3: disminución de la cantidad de movimiento durante corto tiempo 95
Rebote 96
Conservación de la cantidad de movimiento 98
Choques 100
Choques más complicados 103

7 Energía 110

Trabajo 110
Potencia 111

Energía mecánica	112
<i>Energía potencial</i>	113
<i>Energía cinética</i>	114
<i>Teorema del trabajo y la energía</i>	115
Conservación de la energía	117
Máquinas	118
Eficiencia	120
Comparación de la energía cinética y la cantidad de movimiento	121
Energía para la vida	123
Fuentes de energía	123
8 Movimiento rotatorio	131
Movimiento circular	131
Inercia rotacional	134
Momento de torsión (torque)	137
Centro de masa y centro de gravedad	139
<i>Ubicación del centro de gravedad</i>	140
<i>Estabilidad</i>	142
Fuerza centrípeta	144
Fuerza centrífuga	145
Fuerza centrífuga en un marco de referencia rotatorio	147
Gravedad simulada	148
Cantidad de movimiento angular	150
Conservación de la cantidad de movimiento angular	151

9 Gravedad 161

La ley universal de la gravedad	161
La constante G de la gravitación universal	163
Gravedad y distancia: la ley del inverso del cuadrado	165
Peso e ingravidez	166
Mareas	168
<i>Mareas en la Tierra y en la atmósfera</i>	171
<i>Mareas en la Luna</i>	172
Campos gravitacionales	172
<i>Campo gravitacional en el interior de un planeta</i>	173
Teoría de Einstein sobre la gravitación	175
Agujeros negros	175
Gravitación universal	177

10 Movimiento de proyectiles y de satélites 184

Movimiento de proyectiles	184
<i>Proyectiles disparados horizontalmente</i>	185
<i>Proyectiles lanzados en ángulo</i>	186
Proyectiles con movimiento rápido: satélites	192
Órbitas circulares de satélites	194
Órbitas elípticas	196
Leyes de Kepler del movimiento planetario	199
Conservación de la energía y movimiento de los satélites	200
Rapidez de escape	201

PARTE DOS

Propiedades de la materia 209

11 La naturaleza atómica de la materia 210

La hipótesis atómica	210
Características de los átomos	211
Imágenes atómicas	214
Estructura atómica	215
Los elementos	217
La tabla periódica de los elementos	218
Isótopos	218
Compuestos y mezclas	221
Moléculas	221
Antimateria	223
Materia oscura	224

12 Sólidos 229

El micrografía de Müller	229
Estructura cristalina	230
Densidad	232
Elasticidad	233
Tensión y compresión	235
Arcos	237
Escalamiento	239

13 Líquidos 248

Presión	248
Presión en un líquido	249
Flotabilidad	252
Principio de Arquímedes	253
¿Qué hace que un objeto flote o se hunda?	255
Flotación	256
Principio de Pascal	258
Tensión superficial	260
Capilaridad	261

14 Gases y plasmas 268

La atmósfera	268
Presión atmosférica	269
<i>Barómetro</i>	271
Ley de Boyle	274
Flotabilidad del aire	275
Principio de Bernoulli	277
<i>Aplicaciones del principio de Bernoulli</i>	278
Plasma	281
<i>Plasma en el mundo cotidiano</i>	281
<i>Generación de energía con plasma</i>	282

PARTE TRES

Calor 289**15 Temperatura, calor y expansión 290**

- Temperatura 290
- Calor 292
 - Medición del calor* 294
- Capacidad calorífica específica 294
 - Alta capacidad calorífica específica del agua* 295
- Expansión térmica 297
 - Expansión del agua* 299

16 Transferencia de calor 306

- Conducción 306
- Convección 308
- Radiación 310
 - Emisión de energía radiante* 312
 - Absorción de energía radiante* 313
 - Reflexión de energía radiante* 314
 - Enfriamiento nocturno por radiación* 315
- Ley de Newton del enfriamiento 316
- El efecto invernadero 317
- Energía solar 319
- Control de la transferencia de calor 320

17 Cambio de fase 325

- Evaporación 325
- Condensación 327
 - Condensación en la atmósfera* 328
 - Nieblas y nubes* 329
- Ebullición 330
 - Géiseres* 331
 - La ebullición es un proceso de enfriamiento* 331
 - Ebullición y congelación al mismo tiempo* 331
- Fusión y congelación 332
 - Regelamiento* 333
- Energía y cambios de fase 333

18 Termodinámica 342

- Cero absoluto 342
- Energía interna 344
- Primera ley de la termodinámica 344
- Proceso adiabático 346
- Meteorología y la primera ley 346
- Segunda ley de la termodinámica 350
 - Máquinas térmicas* 350
- El orden tiende al desorden 354
- Entropía 356

PARTE CUATRO

Sonido 361**19 Vibraciones y ondas 362**

- Oscilación de un péndulo 362
- Descripción de una onda 363
- Movimiento ondulatorio 365
- Rapidez de una onda 366
- Ondas transversales 367
- Ondas longitudinales 368
- Interferencia 369
- Ondas estacionarias 370
- Efecto Doppler 372
- Ondas de proa 373
- Ondas de choque 374

20 Sonido 380

- Origen del sonido 380
- Naturaleza del sonido en el aire 381
- Medios que transmiten el sonido 382

- Rapidez del sonido en el aire 383
- Reflexión del sonido 384
- Refracción del sonido 385
- Energía en las ondas sonoras 387
- Vibraciones forzadas 387
- Frecuencia natural 387
- Resonancia 388
- Interferencia 389
- Pulsaciones 391

21 Sonidos musicales 398

- Altura 398
- Intensidad y sonoridad del sonido 399
- Calidad 400
- Instrumentos musicales 402
- Análisis de Fourier 402
- Discos compactos 404

PARTE CINCO

Electricidad y magnetismo 409**22 Electrostática 410**

- Fuerzas eléctricas 410
- Cargas eléctricas 411
- Conservación de la carga 412
- Ley de Coulomb 414
- Conductores y aislantes 415
 - Semiconductores* 416
- Superconductores 416
- Carga 417
 - Carga por fricción y por contacto* 417
 - Carga por inducción* 417
- Polarización de carga 419
- Campo eléctrico 421
 - Blindaje eléctrico* 424
- Potencial eléctrico 425
- Almacenamiento de la energía eléctrica 428
 - Generador Van de Graaff* 429

23 Corriente eléctrica 436

- Flujo de carga 436
- Corriente eléctrica 437
- Fuentes de voltaje 437
- Resistencia eléctrica 439
- Ley de Ohm 439
 - Ley de Ohm y choques eléctricos* 440
- Corriente directa y corriente alterna 442
 - Conversión de ca a cd* 443
- Rapidez y fuente de electrones en un circuito 444
- Potencia eléctrica 446
- Circuitos eléctricos 448
 - Circuitos en serie* 448
 - Circuitos en paralelo* 449

- Circuitos en paralelo y sobrecarga* 450
- Fusibles de seguridad* 451

24 Magnetismo 458

- Fuerzas magnéticas 458
- Polos magnéticos 459
- Campos magnéticos 460
- Domínios magnéticos 461
- Corrientes eléctricas y campos magnéticos 464
 - Electroimanes* 465
 - Electroimanes superconductores* 465
- Fuerza magnética sobre partículas con carga en movimiento 466
- Fuerza magnética sobre conductores con corriente eléctrica 467
 - Medidores eléctricos* 468
 - Motores eléctricos* 468
- El campo magnético de la Tierra 469
 - Rayos cósmicos* 471
- Biomagnetismo 472

25 Inducción electromagnética 477

- Inducción electromagnética 477
- Ley de Faraday 478
- Generadores y corriente alterna 480
- Producción de energía eléctrica 481
 - Energía de un turbogenerador* 481
 - Energía magnetohidrodinámica* 482
 - Transformadores* 483
- Autoinducción 486
- Transmisión de electricidad 487
- Inducción de campos 488
- En perspectiva 489

PARTE SEIS

Luz 495**26 Propiedades de la luz 496**

- Ondas electromagnéticas 496
 - Velocidad de una onda electromagnética* 497
 - El espectro electromagnético* 498
- Materiales transparentes 499
- Materiales opacos 502

- Sombras* 503

- Visión de la luz: el ojo 506

27 Color 515

- Reflexión selectiva 515
- Transmisión selectiva 517
- Mezcla de luces de colores 518
 - Colores complementarios* 519

Mezcla de pigmentos de colores 520
 Por qué el cielo es azul 521
 Por qué los crepúsculos son rojos 523
 Por qué las nubes son blancas 525
 Por qué el agua es azul verdosa 525

28 Reflexión y refracción 530

Reflexión 530
 Principio del tiempo mínimo 531
 Ley de la reflexión 531
 Espejos planos 533
 Reflexión difusa 534
 Refracción 535
 Espejismos 537
 Causa de la refracción 538
 Dispersión 540
 Arcoiris 541
 Reflexión interna total 543
 Lentes 546
 Formación de imagen por una lente 548
 Defectos de las lentes 550

29 Ondas luminosas 558

Principio de Huygens 558
 Difracción 560
 Interferencia 562

Interferencia en película delgada con un solo color 566
Colores de interferencia debidos a la reflexión en películas delgadas 568

Polarización 570
 Visión tridimensional 573
 Holografía 576

30 Emisión de la luz 582

Excitación 582
 Espectros de emisión 585
 Incandescencia 586
 Espectros de absorción 588
 Fluorescencia 589
 Lámparas fluorescentes 591
 Fosforescencia 591
 Láseres 592

31 Cuantos de luz 600

Nacimiento de la teoría cuántica 601
 Cuantización y la constante de Planck 601
 Efecto fotoeléctrico 603
 Dualidad onda-partícula 605
 Experimento de la doble rendija 606
 Partículas como ondas: difracción de electrones 608
 Principio de incertidumbre 610
 Complementariedad 613

PARTE SIETE

Física atómica y nuclear 619

32 El átomo y el cuanto 620

Descubrimiento del núcleo atómico 620
 Descubrimiento del electrón 621
 Espectros atómicos: claves de la estructura atómica 623
 Modelo de Bohr del átomo 624
 Tamaños relativos de los átomos 625
 Explicación de los niveles de energía cuantizados:
 ondas electrónicas 627
 Mecánica cuántica 629
 Principio de correspondencia 631

33 El núcleo atómico y la radiactividad 634

Rayos X y radiactividad 634
 Rayos alfa, beta y gamma 635
 El núcleo 637
 Isótopos 638
 Por qué los átomos son radiactivos 639
 Vida media 641
 Detectores de radiación 642

Transmutación de los elementos 644
 Transmutación natural de los elementos 645
 Transmutación artificial 647

Isótopos radiactivos 649
 Fechado con carbono 651
 Fechado con carbono 651
 Fechado con uranio 653
 Efectos de la radiación en los seres humanos 653
 Dosimetría de la radiación 656

34 Fisión y fusión nucleares 661

Fisión nuclear 661
 Reactores nucleares de fisión 664
 Plutonio 667
 El reactor reproductor 668
 Energía de fisión 669
 Equivalencia entre masa y energía 670
 Fusión nuclear 675
 Control de la fusión 678

Relatividad 685

35 Teoría de la relatividad especial 686

- El movimiento es relativo 687
 - El experimento de Michelson-Morley* 687
- Postulados de la teoría de la relatividad especial 688
- Simultaneidad 690
- Espacio-tiempo 690
- Dilatación del tiempo 692
- Animación del viaje del gemelo 696
- Suma de velocidades 702
- Viaje espacial 703
- Contracción de la longitud 706
- Cantidad de movimiento relativista 708

- Masa, energía y $E = mc^2$ 709
- El principio de correspondencia 713

36 Teoría de la relatividad general 720

- Principio de equivalencia 720
- Flexión de la luz por la gravedad 722
- Gravedad y tiempo: corrimiento gravitacional al rojo 724
- Gravedad y espacio: movimiento de Mercurio 727
- Gravedad, espacio y una nueva geometría 727
- Ondas gravitacionales 730
- Gravitación según Newton y según Einstein 730

Epílogo 735

Apéndice A: sistemas de medida 737

- Sistema común en Estados Unidos 737
- Sistema Internacional 737
 - Metro* 738
 - Kilogramo* 739
 - Segundo* 739
 - Newton* 739
 - Joule* 739
 - Ampere* 739
 - Kelvin* 739
 - Área* 740
 - Volumen* 740
- Notación científica 740

Apéndice B: más acerca del movimiento 741

- Cálculo de la velocidad y la distancia recorrida en un plano inclinado 741
- Cálculo de la distancia cuando la aceleración es constante 743

Apéndice C: trazado de gráficas 745

- Gráficas: una forma de expresar relaciones cuantitativas 745
- Gráficas cartesianas 745
- Pendiente y área bajo la curva 747
- Trazado de gráficas con física conceptual 747

Apéndice D: más acerca de vectores 749

- Vectores y escalares 749
- Suma de vectores 749
- Determinación de componentes de vectores 750
- Botes de vela 752

Apéndice E: crecimiento exponencial y tiempo de duplicación 755

Glosario 761

Créditos de fotografías 778

Índice 781