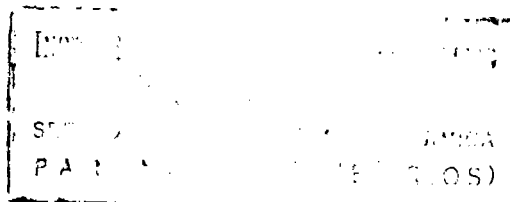


# Indice general



<b>Capítulo 1</b>	<b>MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS</b>	<b>21</b>
1.1	Introducción	21
1.2	Movimiento rectilíneo de una partícula: posición y cambio de tal posición	22
1.3	Instantes e intervalos	24
1.4	Desplazamiento y su correspondiente intervalo	25
1.5	“Historia” del movimiento $s$ contra $t$	25
1.6	El número $\Delta s/\Delta t$	27
1.7	Gráfica de $s$ contra $t$ para el movimiento a velocidad uniforme	30
1.8	Extensión y redefinición del concepto velocidad	31
1.9	“Historias” $v$ contra $t$ del movimiento	36
1.10	Descripción de la variación de la velocidad	36
1.11	“Ecuaciones cinemáticas” para el movimiento uniformemente acelerado: relaciones algebraicas entre $s$ , $v$ , $a$ y $t$	39
1.12	Interpretación y uso de las ecuaciones cinemáticas	43
1.13	Otro punto de vista de la relación entre $\bar{v}$ , $v_0$ y $v$ : “área” bajo la gráfica $v$ contra $t$	46
1.14	Área bajo una curva $v$ contra $t$	48
1.15	Comentarios sobre conceptos y definiciones	51
<b>Capítulo 2</b>	<b>GRAVEDAD, INGRAVIDEZ Y CAÍDA LIBRE</b>	<b>56</b>
2.1	Introducción	56
2.2	Las raíces de la ciencia natural en la civilización occidental	57
2.3	Filosofía helénica	59
2.4	“Idealismo” platónico	60
2.5	Aristóteles	61
2.6	La física aristotélica	63
2.7	Transmisión del conocimiento griego a la Europa renacentista	65
2.8	Los precursores de Galileo	67
2.9	Galileo Galilei (1564-1642)	69
2.10	Influencia de Galileo	70
2.11	Limitación del alcance de la investigación	71
2.12	Idealización y función del experimento	72
2.13	¿Qué tan aproximadamente uniforme es la aceleración de la caída libre?	75

2.14	Aplicación de las matemáticas a la física	76
2.15	La ley de inercia	77
<b>Capítulo 3</b>	<b>MATEMÁTICAS I: GEOMETRÍA CARTESIANA; FUNCIONES Y LÍMITES</b>	<b>83</b>
3.1	Concepto básico de la geometría cartesiana	83
3.2	Pendiente de una recta	87
3.3	Ecuación de una recta	88
3.4	Ecuación general de primer grado	89
3.5	Lugar geométrico de puntos equidistantes de un punto fijo	91
3.6	Lugar geométrico de los puntos equidistantes de un punto y una recta fijos	92
3.7	Elipse	95
3.8	Hipérbola	97
3.9	Curvas y ecuaciones	99
3.10	Proposiciones de correspondencia o asociación: el concepto de función	100
3.11	Ejemplos de funciones y de notación funcional	103
3.12	Introducción al concepto de límite	105
3.13	Definición formal de límite	108
3.14	Teoremas sobre límites	110
3.15	Límites que involucran el infinito	113
3.16	El concepto de continuidad	114
<b>Capítulo 4</b>	<b>SUPERPOSICIÓN DE VELOCIDADES; MOVIMIENTO DE PROYECTILES</b>	<b>119</b>
4.1	Introducción	119
4.2	Superposición de movimientos	120
4.3	Movimiento de proyectiles: velocidad inicial horizontal	124
4.4	Idealizaciones en la descripción del movimiento de proyectiles	126
4.5	Vectores y pares ordenados de números	127
4.6	Adición de vectores	129
4.7	Multiplicación de un vector por un escalar	131
4.8	Sustracción de vectores	132
4.9	Vectores de desplazamiento, velocidad y aceleración	132
4.10	Movimiento de proyectiles: velocidad inicial no dirigida horizontalmente	135
4.11	Análisis de las ecuaciones para el proyectil	137
4.12	Bancos y alcances	138
<b>Capítulo 5</b>	<b>DINÁMICA DE PARTÍCULAS I: FUERZA Y MASA</b>	<b>145</b>
5.1	Introducción	145
5.2	Ley de la inercia	147
5.3	Definición operativa de una escala de fuerza	148
5.4	Aplicación de la escala de fuerzas a otros cuerpos	149
5.5	Superposición de masas y fuerzas	151
5.6	Segunda ley del movimiento	153
5.7	Sistema de unidades metro-kilogramo-segundo (mks)	154
5.8	Sistema centímetro-gramo-segundo (cgs)	155
5.9	Sistema de ingeniería o sistema pie-libra-segundo (pls)	156
5.10	Dimensiones y unidades	156
5.11	Aplicaciones de la segunda ley	157

<b>Capítulo 6</b>	<b>DINÁMICA DE PARTÍCULAS II: INTERACCIONES DE PARTÍCULAS</b>	<b>164</b>
6.1	Tercera ley del movimiento	164
6.2	Ilustraciones de la aplicación de la ley III	166
6.3	Problema de interés conceptual e histórico: la máquina de Atwood	170
6.4	Otro problema de interés conceptual e histórico: experimento con el "carro de reacción" de Mach	173
6.5	Fricción	176
6.6	Coefficiente de fricción superficial	177
6.7	Solución de un problema incluyendo fricción superficial	179
6.8	Fricción viscosa	182
6.9	Un comentario sobre los problemas	183
<b>Capítulo 7</b>	<b>LEYES DE FUERZA: ELÁSTICA, ELÉCTRICA, MAGNÉTICA Y GRAVITACIONAL</b>	<b>187</b>
7.1	Introducción	187
7.2	Deformaciones elásticas: ley de Hooke	188
7.3	Fuerzas eléctricas y magnéticas	191
7.4	Gray y Desaguiliers: conducción eléctrica	193
7.5	Dos tipos de carga eléctrica	193
7.6	Conservación de la carga	196
7.7	Modelo de la electrización	197
7.8	Polarización inducida	199
7.9	Cómo cargar conductores por inducción	201
7.10	Leyes de fuerza del cuadrado inverso	203
7.11	Ley de Coulomb	204
7.12	Unidades de carga eléctrica	208
7.13	Carga gravitacional	210
7.14	Interacción de las ideas científicas	212
<b>Capítulo 8</b>	<b>MATEMÁTICAS II: DERIVADAS Y ANTIDERIVADAS</b>	<b>215</b>
8.1	Introducción	215
8.2	Derivada de una función	216
8.3	Derivadas y antiderivadas	220
8.4	Diferenciabilidad y continuidad	223
	Reglas y teoremas para algunos casos elementales de diferenciación	225
8.6	Teoremas para la diferenciación de productos y cocientes	226
8.7	La derivada de $x^n$ cuando $n$ es un número natural	228
8.8	Derivada de $x^n$ cuando $n$ es un entero negativo	230
8.9	Derivada de $x^r$ cuando $r$ es un número racional	231
8.10	Derivadas de funciones compuestas: la regla de la cadena	232
8.11	Demostración de que la regla (8.9.1) es válida para $r$ racional	235
8.12	Diferenciales: interpretación de la notación de Leibniz	236
8.13	Derivadas de las funciones seno y coseno	238
8.14	Aseveraciones del teorema del valor medio	243
8.15	Antiderivada general de $f(x)$	244

<b>Capítulo 9</b>	<b>MOVIMIENTO CIRCULAR DE PARTÍCULAS</b>	<b>247</b>
9.1	Introducción	247
9.2	Coordenadas de posición y concepto de velocidad angular	247
9.3	Cinemática del movimiento circular uniforme ( $\omega$ constante)	249
9.4	Cinemática del movimiento circular uniformemente acelerado	250
9.5	Argumento no riguroso sobre la relación entre las velocidades instantáneas angular y lineal	251
9.6	Demostración, por medio del cálculo, de que $v_t = r\omega$	253
9.7	La aceleración lineal en el movimiento circular uniforme	255
9.8	Dinámica del movimiento circular: fuerza que actúa sobre una partícula giratoria	258
9.9	Dinámica del movimiento circular: dos fuerzas colineales que actúan sobre una partícula que gira	261
9.10	Dinámica del movimiento circular: fuerzas no colineales	263
9.11	Fuerza centrípeta	264
9.12	Revolución de dos partículas que se atraen. Concepto de centro de masa	266
<b>Capítulo 10</b>	<b>LA ASTRONOMÍA DE LA ANTIGUA GRECIA</b>	<b>271</b>
10.1	El problema de Platón	272
10.2	El sistema aristotélico	275
10.3	La teoría heliocéntrica	275
10.4	Teorías geocéntricas modificadas	277
10.5	Éxito del sistema tolomeico	280
<b>Capítulo 11</b>	<b>TEORÍA HELIOCÉNTRICA DE COPÉRNICO</b>	<b>283</b>
11.1	El renacimiento en Europa	283
11.2	El sistema de Copérnico	283
11.3	En apoyo del sistema	287
11.4	Oposición a la teoría de Copérnico	289
11.5	Consecuencias históricas	291
<b>Capítulo 12</b>	<b>NATURALEZA DE LA TEORÍA CIENTÍFICA</b>	<b>293</b>
12.1	Propósito de las teorías	293
12.2	Criterios para una buena teoría en la física	296
<b>Capítulo 13</b>	<b>LAS LEYES DE KEPLER</b>	<b>302</b>
13.1	Introducción	302
13.2	Primera ley de Kepler	304
13.3	Segunda ley de Kepler	307
13.4	Tercera ley de Kepler	308
13.5	Nuevo concepto de ley física	309
<b>Capítulo 14</b>	<b>LA CONTRIBUCIÓN DE GALILEO A LA ASTRONOMÍA</b>	<b>312</b>
14.1	Evidencias telescópicas	313
14.2	Ciencia y libertad	317

<b>Capítulo 15</b>	<b>LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL DE NEWTON</b>	<b>321</b>
15.1	La ciencia en el siglo xvii	321
15.2	Breve esquema de la vida de Newton	323
15.3	Los <i>Principia</i> de Newton	325
15.4	Ley del cuadrado inverso	326
15.5	Naturaleza de la fuerza centrípeta en el sistema solar	329
15.6	Relación entre la masa y la fuerza gravitacional	331
15.7	Ley de la gravitación universal	333
15.8	Cálculos basados en la ley de gravitación	335
15.9	Algunas influencias sobre el trabajo de Newton	338
15.10	Varias deducciones de la ley de gravitación	339
15.11	Explicación cualitativa de las mareas	342
15.12	Descubrimiento de nuevos planetas	343
15.13	La ley de Bode-Titus	345
15.14	Tipos de leyes físicas	347
15.15	Otras consecuencias de la ley de la gravitación	349
15.16	"No propongo hipótesis"	352
15.17	El lugar de Newton en la ciencia moderna	355
<b>Capítulo 16</b>	<b>MATEMÁTICAS III: TEOREMA FUNDAMENTAL DEL CÁLCULO INTEGRAL</b>	<b>358</b>
16.1	Introducción	358
16.2	Evaluación de sumas de áreas	359
16.3	Evaluación del límite de una suma	361
16.4	Áreas y antiderivadas	364
16.5	Teorema fundamental del cálculo integral	365
16.6	Aplicaciones del teorema fundamental	366
16.7	Nomenclatura y definiciones	368
16.8	Promedios	369
16.9	La primera prueba del cálculo	370
<b>Capítulo 17</b>	<b>MOMENTO</b>	<b>374</b>
17.1	Colisión rectilínea de dos cuerpos	374
17.2	Clasificación de las colisiones	375
17.3	Observación de colisiones desde diferentes sistema de referencia	376
17.4	Conservación del momento en las colisiones	379
17.5	Principio de relatividad	380
17.6	Colisiones y $F_{\text{neta}} = ma$	381
17.7	Impulso y momento	383
17.8	Impulso y momento en un sistema cerrado	385
17.9	Ley de conservación del momento	387
17.10	Desde las leyes del impacto hasta la dinámica de un cuerpo	390
17.11	La segunda ley de Newton	391
17.12	Centro de masa de un sistema de partículas	393
17.13	Otro punto de vista del movimiento de partículas en dos dimensiones	395
17.14	Movimiento bajo la influencia de una fuerza central	395
17.15	Momento angular	397
17.16	Momento de una fuerza o "torca"	399
17.17	Conservación del momento angular en un sistema cerrado	401
17.18	Caso especial del movimiento circular	401

<b>Capítulo 18</b>	<b>ENERGÍA</b>	<b>406</b>
18.1	Introducción	406
18.2	Desplazamiento horizontal bajo fuerzas constantes	407
18.3	Desplazamiento vertical bajo fuerzas constantes	410
18.4	Desplazamiento bajo fuerzas variables	411
18.5	Desplazamiento contra la fuerza de restitución de un resorte	413
18.6	Desplazamiento contra una fuerza de cuadrado inverso	415
18.7	Resumen de los análisis basados en el teorema (18.4.6)	417
18.8	Trabajo y energía	419
18.9	Energía potencial	420
18.10	Unidades y dimensiones	423
18.11	Nivel de referencia para los cálculos de energía	424
18.12	Colisiones perfectamente inelásticas	425
18.13	Colisiones elásticas	425
<b>Capítulo 19</b>	<b>TEMPERATURA Y CALOR</b>	<b>431</b>
19.1	Introducción	431
19.2	Termómetros	431
19.3	Equilibrio térmico	432
19.4	Cantidad de calor	434
19.5	Calor específico o capacidad calorífica	434
19.6	Refinamiento del concepto de calor específico	436
19.7	Cambios de fase y calores latentes	437
19.8	Las teorías del calor	440
19.9	Ataque a la teoría calórica	441
19.10	Relación cuantitativa entre trabajo y calor	444
<b>Capítulo 20</b>	<b>CONSERVACIÓN DE LA MASA Y LA ENERGÍA</b>	<b>448</b>
20.1	Introducción	448
20.2	Concepto de materia	449
20.3	Lavoisier y la ley de conservación de la masa	451
20.4	El enunciado de Mayer del principio de conservación de la energía	453
20.5	Estimación de Mayer del equivalente mecánico del calor	455
20.6	Enunciado de Joule del principio de la conservación de la energía	458
20.7	Estado lógico de las leyes de conservación	459
20.8	Segunda ley de la termodinámica	462
20.9	El movimiento perpetuo y las leyes de la termodinámica	464
20.10	Aceptación de las leyes de la termodinámica	465
<b>Capítulo 21</b>	<b>ROTACIÓN DE CUERPOS RÍGIDOS</b>	<b>468</b>
21.1	Introducción	468
21.2	Momento angular de un cuerpo bidimensional	471
21.3	Momento de fuerza (torca) neto aplicado a un cuerpo rígido bidimensional que gira alrededor de un eje fijo	472
21.4	Cálculo de los momentos de inercia de los cuerpos	474
21.5	Trabajo ejecutado por el momento de una fuerza (torca) en un desplazamiento angular	477
21.6	Energía cinética de rotación alrededor de un eje fijo	480
21.7	Ejemplos de la dinámica de rotación alrededor de un eje fijo	481

21.8	Analogía entre las ecuaciones de traslación y de rotación	485
21.9	Rotación y traslación en dos dimensiones	485
21.10	Rodamiento sobre un plano inclinado	487
<b>Capítulo 22</b>	<b>ONDAS</b>	<b>492</b>
22.1	Introducción	492
22.2	Tipos de ondas	494
22.3	Longitud de ondas y frecuencia de trenes periódicos de ondas	497
22.4	Fases relativas de trenes de ondas sinusoidales	498
22.5	Ondas en dos dimensiones	501
22.6	Difracción	502
22.7	Refracción	503
22.8	Fuente móvil	505
22.9	Ondas de choque	507
22.10	Reflexión y transmisión en las fronteras de medios muy diferentes	509
22.11	Leyes de reflexión y transmisión	512
22.12	Ángulo crítico para la reflexión total	516
22.13	Superposición	517
22.14	Interferencia	518
22.16	Análisis elemental del patrón de interferencia producido por dos fuentes	522
22.16	Análisis riguroso del patrón de interferencia de dos fuentes	524
22.17	Una onda plana transmitida a través de una rejilla	525
22.18	Patrón de difracción de una sola rendija	528
22.19	Dispersión	530
22.20	Energía y cantidad de movimiento en la propagación ondulatoria	531
<b>Capítulo 23</b>	<b>CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO I: CONCEPTOS CUALITATIVOS</b>	<b>537</b>
23.1	Introducción	537
23.2	"Nueva electricidad": Galvani y Volta	539
23.3	La pila de Volta	540
23.4	Electricidad en movimiento	541
23.5	Efecto magnético de una corriente eléctrica	544
23.6	Fuerzas entre imanes y conductores portadores de corriente	547
23.7	Fuerzas entre conductores portadores de corriente	548
23.8	Medida de la corriente eléctrica	551
23.9	Patrones de fuerza alrededor de imanes y conductores por los que circula corriente	555
23.10	Solenoides como imán	558
23.11	Patrones de fuerza alrededor de cuerpos electrostáticos cargados	560
23.12	Michael Faraday (1791-1867)	562
23.13	Crítica de Faraday sobre la acción a distancia	564
23.14	El concepto de "campo"	567
<b>Capítulo 24</b>	<b>CAMPOS ELÉCTRICO Y MAGNÉTICO II: LEYES Y RELACIONES CUANTITATIVAS</b>	<b>573</b>
24.1	Intensidad del campo eléctrico	573
24.2	Campo entre las placas de un condensador	576
24.3	Campo dentro de una esfera hueca cargada uniformemente	577
24.4	Diferencia de potencial	579

24.5	Inducción magnética	582
24.6	Inducción magnética como cantidad vectorial	584
24.7	Fuerza que actúa sobre el segmento de alambre que no es perpendicular a B	586
24.8	Momento de fuerza en una bobina portadora de una corriente	587
24.9	Medidores y motores	589
24.10	Fuerza que actúa sobre una partícula que se está moviendo en un campo magnético	591
24.11	Movimiento de una partícula cargada que se mueve en un campo magnético uniforme	592
24.12	Movimiento en campos magnéticos no uniformes	594
<b>Capítulo 25</b>	<b>CORRIENTE ELÉCTRICA</b>	<b>600</b>
25.1	Introducción	600
25.2	Investigación de Ohm sobre la conducción en circuitos metálicos	601
25.3	Investigación de Joule sobre el calor desarrollado en los circuitos eléctricos	603
25.4	Ley de Ohm	604
25.5	Circuitos resistivos	606
25.6	Amperímetros y voltímetros	609
25.7	Fem	610
25.8	Electrólisis y conducción de electricidad	614
25.9	Inducción de corrientes eléctricas	617
25.10	Ley de Faraday de la inducción electromagnética	619
25.11	Fem inducida en un conductor en movimiento	622
25.12	Generador eléctrico	625
25.13	Nota histórica	626
<b>Capítulo 26</b>	<b>LA NATURALEZA DE LA LUZ</b>	<b>631</b>
26.1	Introducción	631
26.2	Propagación de la luz	632
26.3	Reflexión y refracción	634
26.4	Refracción a través de interfases sucesivas	637
26.5	Imágenes	646
26.6	Modelo corpuscular	640
26.7	Modelo ondulatorio	644
26.8	Color	645
26.9	Anillos e interferencias	647
26.10	Interferencia de la luz	651
26.11	Interferencia de dos fuentes	654
26.12	Rejilla de difracción	658
26.13	Polarización	658
26.14	Aceptación del modelo ondulatorio	661
<b>Capítulo 27</b>	<b>LUZ, MATERIA Y ELECTRICIDAD</b>	<b>666</b>
27.1	Introducción	666
27.2	Espectros continuos	666
27.3	Espectros de emisión de los gases	668
27.4	Líneas de Fraunhofer	669
27.5	Espectros de absorción de los gases	671

27.6	Modelo de resonancia de los espectros de líneas oscuras	673
27.7	Numerología de los espectros de líneas	674
27.8	Otras series en el espectro del hidrógeno	676
27.9	Maxwell	678
27.10	Campos en ausencia de conductores	679
27.11	Ley de Ampère	681
27.12	Corriente de desplazamiento	682
27.13	La constante $2k_E/k_M$	684
27.14	Ondas electromagnéticas	685
27.15	Campo eléctrico asociado con una perturbación magnética en movimiento	686
27.16	Campo magnético asociado con una perturbación eléctrica en movimiento	688
27.17	Velocidad de un pulso electromagnético	689
27.18	Generación de ondas electromagnéticas	690
27.19	Ondas electromagnéticas y la luz	692
27.20	Confirmación experimental de la teoría electromagnética	693
<b>Capítulo 28</b>	<b>TEORÍA ATÓMICO-MOLECULAR I: DESDE EL ATOMISMO FILOSÓFICO HASTA LA CIENCIA CUANTITATIVA</b>	<b>697</b>
28.1	Introducción	697
28.2	Atomismo y ateísmo	698
28.3	El atomismo en el siglo xvii	699
28.4	Concepto de elemento	700
28.5	Ley de las proporciones definidas	702
28.6	John Dalton (1766-1844)	704
28.7	Postulados de Dalton	705
28.8	Regla de máxima sencillez	706
28.9	Símbolos y notación	709
28.10	Ley de las proporciones múltiples	710
28.11	Fórmulas moleculares y masas atómicas relativas	713
<b>Capítulo 29</b>	<b>TEORÍA ATÓMICO-MOLECULAR II: FÓRMULAS MOLECULARES Y MASAS ATÓMICAS</b>	<b>716</b>
29.1	Reacciones químicas entre gases; ley de combinación de volúmenes	716
29.2	Rechazo de Dalton de la ley de combinación de volúmenes	718
29.3	Hipótesis de Avogadro	719
29.4	Objeciones a las proposiciones de Avogadro	723
29.5	Tiempo de espera	724
29.6	Solución de Cannizzaro al problema	726
29.7	Masas atómicas relativas y número de átomos	731
29.8	Masas moleculares relativas y número de moléculas	732
29.9	Cálculos químicos	733
29.10	Fórmulas químicas y ley de la electrólisis	734
29.11	Tabla periódica de los elementos	736
<b>Capítulo 30</b>	<b>TEORÍA CINÉTICA DE LOS GASES</b>	<b>741</b>
30.1	Introducción	741
30.2	Modelos alternativos	742
30.3	El modelo cinético	743

30.4	Cómo se visualiza la presión de un gas sobre una pared	746
30.5	Derivación de la fórmula de presión	748
30.6	Hechos experimentales respecto a las relaciones presión-volumen: ley de Boyle	751
30.7	Hechos experimentales respecto a las relaciones presión-volumen leyes de Charles y Gay-Lussac	752
30.8	Interpretación de la temperatura por medio del modelo cinético	755
30.9	Orden de magnitud de la velocidad molecular	757
30.10	Capacidades caloríficas de los gases	758
30.11	Cálculo teórico de $c_v$ para gases monoatómicos	760
30.13	Cálculo teórico de $c_v$ para gases diatómicos	761
30.13	Variación de $c_v$ con la temperatura: fracaso de la teoría clásica	764
30.14	Base estadística de las propiedades macroscópicas de las sustancias materiales	766
<b>Capítulo 31</b>	<b>PARTÍCULAS SUBATÓMICAS Y NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA ELECTRICIDAD</b>	<b>771</b>
31.1	Introducción	771
31.2	Rayos catódicos	772
31.3	Experimentos de Crookes con rayos catódicos	773
31.4	Efecto de los campos magnéticos sobre los rayos catódicos	776
31.5	Descubrimiento de los rayos X	778
31.6	Conducción de electricidad en los gases	779
31.7	Significado del descubrimiento de la ionización en los gases	780
31.8	J. J. Thomson (1856-1940)	781
31.9	Carga negativa de los rayos catódicos	782
31.10	Desviación electrostática de los rayos catódicos	783
31.11	Razón de la carga a la masa, asociada con el haz catódico	785
31.12	Observaciones de Thomson	788
31.13	Significado del valor numérico de $e/m$	789
31.14	Observación de $e/m$ en otros contextos físicos	790
31.15	El "corpúsculo" de carga eléctrica	792
31.16	Investigación de Millikan sobre la atomicidad de la electricidad	793
31.17	Resultados del experimento de Millikan	796
31.18	Concepto de "electrón"	799
<b>Capítulo 32</b>	<b>RADIOACTIVIDAD</b>	<b>803</b>
32.1	El descubrimiento que hizo Becquerel	803
32.2	Otras sustancias radiactivas	804
32.3	Naturaleza de los "rayos Becquerel"	806
32.4	Ernest Rutherford (1871-1937)	808
32.5	La radiactividad y las leyes de conservación	809
32.6	Transformaciones radiactivas	810
32.7	Identificación de las partículas $\alpha$	812
32.8	Detección de emisiones radiactivas	814
32.9	Rapidez de decaimiento de una sustancia radiactiva pura	817
32.10	Forma adimensional de la ecuación (32.9.1)	818
32.11	Análisis numérico de la ecuación diferencial adimensional	819
32.12	Ley del decaimiento radiactivo	822
32.13	La física en el siglo XIX	824

171

**Capítulo 33 LA FÍSICA DE LOS ÁTOMOS; EL MODELO NUCLEAR 828**

33.1	Introducción	828
33.2	Rayos canales	828
33.3	Experimentos de Wien	829
33.4	Investigación de Thomson sobre los rayos positivos	831
33.5	Espectrógrafos de masa	834
33.6	Isótopos	836
33.7	Algunos hechos sobre los isótopos y la medición de la masa atómica	838
33.8	El número de Avogadro a partir de datos electrolíticos y de razones espectrométricas de carga a masa	840
33.9	Dimensiones de átomos y moléculas	841
33.10	Concepto de estructura atómica	843
33.11	El modelo atómico de Thomson	844
33.12	Dispersión de partículas $\alpha$ por láminas metálicas delgadas	846
33.13	Modelo nuclear de Rutherford	849
33.14	Verificación de la teoría de Rutherford	851
33.15	Aceptación del modelo de Rutherford	853

**Capítulo 34 INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON LA MATERIA 856**

34.1	Naturaleza de los rayos X	856
34.2	Difracción de rayos X	858
34.3	Reflexión de Bragg	859
34.4	Espectros de rayos X	862
34.5	La estructura cristalina y las longitudes de ondas de los rayos X	864
34.6	El número de Avogadro obtenido a partir de mediciones de distancias reticulares	868
34.7	Interacción entre la materia y la radiación electromagnética	868
34.8	Método experimental de Lenard	869
34.9	Observaciones de Lenard sobre el efecto fotoeléctrico	870
34.10	El modelo heurístico de Einstein sobre el comportamiento microscópico de la luz	872
34.11	Aplicaciones del modelo de Einstein	875
34.12	Evidencia en apoyo del modelo de Einstein	877
34.13	Comparación de energías en una escala microscópica: el electrónvolt como unidad conveniente	879
34.14	Dualidad onda-partícula	881

**Capítulo 35 TEORÍA ELEMENTAL SOBRE LA ESTRUCTURA ATÓMICA 887**

35.1	Introducción	887
35.2	Significado de $h$ como constante atómica	887
35.3	El modelo nuclear y la hipótesis cuántica	889
35.4	Órbitas electrónicas descritas en el átomo de hidrógeno	891
35.5	Órbitas permitidas y principio de correspondencia	893
35.6	Interpretación del modelo del átomo de hidrógeno	896
35.7	Espectro del helio individualmente ionizado	900
35.8	El número de líneas de emisión	902
35.9	Líneas de absorción	903
35.10	Interpretación física del "número atómico" de un elemento químico	904

35.11	Estructura de capas para los átomos con más de un electrón	906
35.12	Las mediciones de Moseley de los espectros de rayos X	908
35.13	Insuficiencia de la teoría inicial	911
<b>Capítulo 36</b>	<b>TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD</b>	<b>915</b>
36.1	Introducción	915
36.2	Longitud y tiempo en un solo marco de referencia: simultaneidad local	917
36.3	Extensión del tiempo sobre el espacio en un solo marco de referencia: uso de señales	918
36.4	Extensión del tiempo sobre el espacio en un solo marco de referencia: relojes transportados	920
36.5	Detección de un viento por medio del uso de señales sonoras	922
36.6	Búsqueda del éter luminífero y del sistema absoluto de referencia	924
36.7	Observación de los fenómenos físicos desde diferentes sistemas de referencia: teoría clásica	927
36.8	Concepto de invariancia	929
36.9	Albert Einstein (1879-1955)	931
36.10	La extensión de Einstein del principio de relatividad	932
36.11	Nuevo examen de operaciones del concepto de simultaneidad	934
36.12	Mediciones de longitud vista desde diferentes sistemas de referencia	936
36.13	Mediciones de longitudes perpendiculares a la dirección del movimiento relativo	937
36.14	Dilatación del tiempo	938
36.15	Cálculos numéricos que involucran $\sqrt{1 - (u^2/c^2)}$	941
36.16	Comparación numérica de longitudes medidas en diferentes sistemas de referencia: contracción de Lorentz	942
36.17	Sincronización de relojes en un sistema de referencia como es visto desde el otro	944
36.18	Transformación de Lorentz	945
36.19	Relaciones de transformación para las componentes de la velocidad	949
36.20	Inducción de una nueva ley dinámica	950
36.21	Relación masa-velocidad	953
36.22	Equivalencia de masa y energía	956
36.23	Teorema relativista trabajo-energía	958
36.24	Verificación experimental de la relación masa-energía	960
<b>APÉNDICE</b>		
<b>A</b>	Constantes físicas fundamentales	967
<b>B</b>	Datos sobre el sistema solar	968
<b>C</b>	Constantes aritméticas $\pi = 3.1415926$ ; $e = 2.718282$	969
<b>D</b>	Lista alfabética de los elementos	970
<b>E</b>	Trigonometría	972
<b>F</b>	Velocidades de propagación sobre una cuerda de un pulso transversal de pequeña amplitud y de un pulso longitudinal de presión en un fluido	980
<b>G</b>	Intensidad del campo eléctrico	984
<b>H</b>	Formación de imágenes por lentes delgadas	989
	Índice analítico	998