

# Contenido

Sobre los autores .....	xiii
Prefacio a la nueva edición .....	xv
Prefacio a la primera edición .....	xvii
Prefacio a la edición española .....	xix
<b>1. Espacio y tiempo. Escalas y medidas .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. La historia de Newton .....	1
1.3. El espacio-tiempo .....	4
1.4. Medir distancias .....	7
1.5. Medir intervalos de tiempo .....	15
1.6. Los límites de medida .....	18
1.7. Los errores de medida .....	18
1.8. Resumen del capítulo .....	23
Problemas .....	23
Soluciones .....	26
<b>2. Las ondas: transmisión de información .....</b>	<b>27</b>
2.1. Las ondas: ver y oír .....	27
2.2. ¿Cómo describir una onda? .....	30
2.3. Ecuación de las ondas .....	34
2.3.1. Ondas sonoras en un tubo de aire .....	34
2.3.2. Cuerda vibrante .....	37
2.4. Algunas características generales de las ondas .....	38
2.4.1. Ondas transversales y longitudinales .....	39
2.4.2. Polarización .....	39
2.4.3. Efecto Doppler .....	42
2.4.4. Ondas progresivas y ondas estacionarias .....	42
2.4.5. Superposición de ondas .....	46
2.4.5.1. Dispersión .....	52
2.5. Principio de Huygens .....	53
2.5.1. Reflexión .....	55
2.5.2. Refracción .....	57
2.5.3. Interferencias .....	60
2.5.4. Difracción .....	69
2.5.5. Los rayos X y el estudio de las moléculas .....	71

2.6.	Óptica geométrica .....	72
2.6.1.	Distancia focal en el caso de una superficie esférica de separación entre dos medios .....	75
2.6.2.	Distancia focal de una lente delgada .....	78
2.7.	Resumen del capítulo .....	81
	Problemas .....	82
	Soluciones .....	86
<b>3.</b>	<b>De las simetrías en el espacio-tiempo en Mecánica .....</b>	<b>87</b>
3.1.	Simetrías e invariantes .....	87
3.2.	El principio variacional de Hamilton y la Mecánica .....	90
3.3.	Vuelta a Newton .....	99
3.4.	Grados de libertad y coordenadas generalizadas .....	101
3.5.	La energía mecánica .....	103
3.5.1.	La conservación de la energía mecánica en un sistema aislado .....	103
3.5.2.	Fuerzas exteriores y variación de la energía mecánica .....	104
3.5.3.	El campo gravitatorio .....	108
3.6.	El momento lineal .....	111
3.6.1.	Conservación del momento lineal .....	112
3.6.2.	Sistemas de masa variable .....	112
3.6.3.	Choque de partículas .....	113
3.6.4.	La noción de centro de masa .....	117
3.7.	El momento angular .....	121
3.7.1.	Conservación del momento angular .....	121
3.7.2.	Momento de inercia .....	123
3.7.3.	Variación del momento angular: momento de fuerzas exteriores .....	126
3.7.4.	Campo de fuerzas central y leyes de Kepler .....	127
3.8.	Leyes de conservación .....	132
3.9.	Estabilidad de sistemas. Movimientos oscilatorios .....	132
3.9.1.	Estabilidad .....	133
3.9.2.	El oscilador armónico .....	138
3.9.3.	El oscilador con rozamiento (amortiguado) .....	142
3.10.	Oscilador forzado .....	143
3.10.1.	El caso de muchos osciladores: medios elásticos .....	149
3.11.	Resumen del capítulo .....	151
	Problemas .....	152
	Soluciones .....	156
<b>4.</b>	<b>La relatividad: de Galileo a Einstein .....</b>	<b>159</b>
4.1.	Referenciales acelerados y referenciales inerciales .....	159
4.1.1.	Fuerzas de inercia .....	159
4.1.2.	Transformación de Galileo .....	162
4.2.	La velocidad de la luz en el vacío .....	165
4.2.1.	Comparación entre luz y sonido .....	165
4.2.2.	La experiencia de Michelson-Morley .....	166
4.3.	La relatividad de Einstein (1905) .....	168
4.3.1.	Las dificultades a resolver .....	168
4.3.2.	Los postulados de Einstein .....	168
4.3.3.	Consecuencias de los postulados de Einstein .....	169

4.4.	La transformación de Lorentz .....	173
4.4.1.	Transformación de Lorentz para las coordenadas .....	173
4.4.2.	Transformación de Lorentz para las velocidades .....	176
4.4.3.	El efecto Doppler relativista .....	177
4.5.	Momento lineal y energía en la relatividad restringida .....	178
4.5.1.	El momento lineal .....	179
4.5.2.	La energía .....	179
4.5.3.	Transformación de Lorentz para el momento y la energía .....	180
4.5.4.	Colisión inelástica .....	183
4.5.5.	Energía nuclear .....	184
4.6.	Resumen del capítulo .....	191
	Problemas .....	192
	Soluciones .....	194
<b>5.</b>	<b>Partículas y campos. Campo electromagnético .....</b>	<b>195</b>
5.1.	Las interacciones fundamentales de la Naturaleza .....	195
5.2.	La noción de campo. El campo electrostático .....	201
5.2.1.	El campo creado por un sistema de cargas estacionarias .....	201
5.2.2.	El Teorema de Gauss .....	207
5.2.3.	Conductores y condensadores .....	211
5.2.4.	Las leyes del campo electrostático .....	214
5.3.	La corriente eléctrica .....	214
5.4.	El campo magnético .....	217
5.4.1.	El campo magnético como un efecto relativista .....	219
5.4.2.	Fuerza de Lorentz .....	222
5.4.3.	La ley de Biot-Savart .....	227
5.4.4.	Teorema de Gauss para el campo magnetostático .....	231
5.4.5.	Ley de Ampère .....	232
5.4.6.	Las leyes del campo magnetostático .....	236
5.5.	Inducción electromagnética .....	236
5.5.1.	La ley de Faraday .....	239
5.5.2.	Aplicaciones de la inducción electromagnética .....	242
5.6.	Circuitos eléctricos .....	244
5.6.1.	Elementos de un circuito eléctrico .....	244
5.6.2.	La resolución de circuitos eléctricos .....	246
5.7.	Las leyes del campo electromagnético .....	256
5.7.1.	Descripción local del campo electromagnético .....	256
5.7.2.	La corriente de desplazamiento .....	262
5.7.3.	Las ecuaciones de Maxwell .....	265
5.8.	Ondas electromagnéticas .....	265
5.8.1.	Ecuaciones de las ondas electromagnéticas .....	265
5.8.2.	Energía de una onda electromagnética .....	271
5.8.3.	Producción de ondas electromagnéticas .....	272
5.8.4.	Polarización de ondas electromagnéticas .....	273
5.9.	Campos eléctricos en presencia de materia .....	274
5.9.1.	Polarización de dieléctricos .....	275
5.9.2.	Ecuaciones del campo eléctrico en presencia de materia .....	281
5.10.	Campo magnético en presencia de materia .....	284
5.10.1.	Sustancias paramagnéticas .....	285
5.10.2.	Sustancias ferromagnéticas .....	285

5.10.3. Sustancias diamagnéticas .....	286
5.10.4. Las leyes del campo magnético en presencia de materia .....	289
5.11. Ecuaciones de Maxwell en presencia de materia .....	293
5.12. Resumen del capítulo .....	293
Problemas .....	295
Soluciones .....	302
<b>6. Termodinámica .....</b>	<b>305</b>
6.1. Introducción .....	305
6.2. Trabajo y calor .....	312
6.2.1. Equivalencia entre calor y trabajo .....	312
6.2.2. Máquinas térmicas .....	313
6.2.3. Capacidad calorífica y calor específico .....	314
6.2.4. Calor latente .....	316
6.3. Temperatura .....	317
6.3.1. Expansión térmica .....	317
6.3.2. Termómetros de alcohol y mercurio .....	318
6.3.3. Termómetros de gas .....	319
6.4. Propiedades generales de las sustancias .....	320
6.4.1. Los estados de la materia .....	320
6.5. El gas perfecto .....	326
6.5.1. Relación entre la temperatura y la energía cinética media .....	328
6.5.2. Energía interna y calor específico de los gases perfectos .....	330
6.5.3. Calor específico a presión constante .....	333
6.6. Previsión clásica del calor específico de los sólidos: ley de Dulong y Petit .....	334
6.7. Gases reales: ecuación de van der Waals .....	335
6.8. Los principios de la Termodinámica .....	339
6.8.1. El equilibrio térmico: el principio «cero» de la Termodinámica .....	340
6.8.2. Primer principio de la Termodinámica .....	340
6.8.3. Segundo principio de la Termodinámica .....	341
6.8.4. Principios de mínimo y de máximo y potenciales termodinámicos .....	358
6.8.5. Tercer principio de la Termodinámica .....	359
6.9. Física estadística y Termodinámica .....	361
6.9.1. Noción de entropía .....	361
6.9.2. Los postulados de la Física estadística .....	365
6.9.3. Equilibrio térmico .....	367
6.9.4. La distribución de Boltzmann .....	370
6.9.5. Distribución de velocidades en un gas en equilibrio térmico a temperatura $T$ .....	372
6.9.6. Variación de la presión con la altitud (aproximación isotérmica) .....	374
6.9.7. Principio de equipartición de la energía .....	375
6.9.8. Paramagnetismo .....	377
6.10. Estadísticas clásica y cuántica .....	380
6.11. Transmisión de energía térmica .....	386
6.11.1. Conducción .....	386
6.11.2. Convección .....	389
6.11.3. Radiación .....	390
6.12. Resumen del capítulo .....	396
Problemas .....	397
Soluciones .....	403

<b>7. Introducción a la Mecánica cuántica</b> .....	<b>405</b>
7.1. Las dificultades de la Física clásica .....	405
7.1.1. La radiación del cuerpo negro .....	405
7.1.2. El efecto fotoeléctrico .....	412
7.1.3. La difusión de Compton .....	414
7.1.4. Las ondas de materia .....	415
7.1.5. Los espectros atómicos .....	418
7.2. El átomo de Bohr .....	419
7.3. El principio de incertidumbre (Heisenberg) .....	425
7.4. La ecuación de Schrödinger .....	429
7.4.1. La «construcción» de la ecuación de Schrödinger .....	429
7.4.2. La partícula libre .....	433
7.4.3. Cuantificación en una caja .....	434
7.4.4. Partícula en el potencial del oscilador armónico .....	435
7.4.5. Propiedades térmicas de los metales .....	438
7.4.6. El átomo de hidrógeno .....	444
7.5. El experimento de Stern-Gerlach y el spin .....	447
7.6. La estructura de la materia .....	460
7.6.1. La estructura atómica y el sistema periódico .....	460
7.6.2. Enlace químico .....	463
7.6.3. Conductividad de los metales .....	466
7.6.4. Rotaciones y vibraciones en las moléculas .....	468
7.7. Resumen del capítulo .....	470
Problemas .....	472
Soluciones .....	474
<b>A. Introducción a la computación en Física</b> .....	<b>475</b>
A.1. Introducción .....	475
A.1.1. Utilización del computador en Física .....	475
A.1.2. Análisis numérico y manipulación simbólica .....	476
A.1.3. Simulación .....	479
A.1.4. Visualización de los resultados .....	479
A.2. Algoritmos .....	480
A.2.1. El método de Euler .....	480
A.2.2. Método de Runge-Kutta de cuarto orden .....	483
A.2.3. Método predictor-corrector .....	485
A.2.4. Control adaptado al paso en métodos de paso simple .....	486
A.2.5. Los métodos de Montecarlo .....	488
<b>B. Tablas</b> .....	<b>493</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>495</b>
<b>Índice</b> .....	<b>497</b>