

# CONTENIDO

---

---

## **CAPÍTULO 27** **LA CARGA ELÉCTRICA** **Y LA LEY DE COULOMB** **1**

---

---

27-1 Electromagnetismo. Un estudio preliminar	1
27-2 La carga eléctrica	2
27-3 Conductores y aislantes	3
27-4 La ley de Coulomb	4
27-5 La carga está cuantizada	7
27-6 La carga se conserva	9
<i>Preguntas y problemas</i>	10

---

---

## **CAPÍTULO 28** **EL CAMPO ELÉCTRICO** **15**

---

---

28-1 Campos	15
28-2 El campo eléctrico $E$	16
28-3 El campo eléctrico de las cargas puntuales	17
28-4 Líneas de fuerza	20
28-5 El campo eléctrico de las distribuciones de carga continua	22
28-6 Una carga puntual en un campo eléctrico	26
28-7 Un dipolo en un campo eléctrico	29
<i>Preguntas y problemas</i>	32

---

---

## **CAPÍTULO 29** **LA LEY DE GAUSS** **41**

---

---

29-1 El flujo de un campo vectorial	41
29-2 El flujo del campo eléctrico	43
29-3 La ley de Gauss	45
29-4 Un conductor cargado aislado	47
29-5 Aplicaciones de la ley de Gauss	50

29-6 Ensayos experimentales de la ley de Gauss y de la ley de Coulomb	54
29-7 El modelo nuclear del átomo ( <i>Opcional</i> )	56
<i>Preguntas y problemas</i>	58

---

---

## **CAPÍTULO 30** **EL POTENCIAL ELÉCTRICO** **67**

---

---

30-1 La electrostática y las fuerzas gravitatorias	67
30-2 Energía potencial eléctrica	68
30-3 Potencial eléctrico	70
30-4 Cálculo del potencial a partir del campo	72
30-5 El potencial debido a una carga puntual	73
30-6 Potencial debido a un conjunto de cargas puntuales	75
30-7 El potencial eléctrico de las distribuciones de carga continua	77
30-8 Superficies equipotenciales	79
30-9 Cálculo del campo a partir del potencial	80
30-10 Un conductor aislado	82
30-11 El acelerador electrostático ( <i>Opcional</i> )	84
<i>Preguntas y problemas</i>	85

---

---

## **CAPÍTULO 31** **CAPACITORES Y DIELECTRICOS** **95**

---

---

31-1 Capacitancia	95
31-2 Cálculo de la capacitancia	96
31-3 Capacitores en serie y en paralelo	99
31-4 Almacenamiento de energía en un campo eléctrico	101
31-5 Capacitor con dieléctrico	103
31-6 Dieléctricos: un examen atómico	105

31-7 Los dieléctricos y la ley de Gauss	107
<i>Preguntas y problemas</i>	109

---



---

**CAPÍTULO 32  
CORRIENTE Y RESISTENCIA 117**

---



---

32-1 Corriente eléctrica	117
32-2 Densidad de corriente	119
32-3 Resistencia, resistividad y conductividad	121
32-4 La ley de Ohm	123
32-5 La ley de Ohm: una visión microscópica	124
32-6 Transferencias de energía en un circuito eléctrico	126
32-7 Semiconductores ( <i>Opcional</i> )	127
32-8 Superconductividad ( <i>Opcional</i> )	129
<i>Preguntas y problemas</i>	130

---



---

**CAPÍTULO 33  
CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA 137**

---



---

33-1 Fuerza electromotriz	137
33-2 Cálculo de la corriente en un circuito cerrado simple	139
33-3 Diferencias de potencial	140
33-4 Resistores en serie y en paralelo	142
33-5 Circuitos de mallas múltiples	144
33-6 Instrumentos de medición	147
33-7 Circuitos RC	148
<i>Preguntas y problemas</i>	151

---



---

**CAPÍTULO 34  
EL CAMPO MAGNÉTICO 159**

---



---

34-1 El campo magnético <b>B</b>	159
34-2 La fuerza magnética sobre una carga en movimiento	160
34-3 Cargas circulantes	164
34-4 El efecto Hall	169
34-5 La fuerza magnética sobre una corriente	172
34-6 Momento de torsión en una espira de corriente	174
34-7 El dipolo magnético	176
<i>Preguntas y problemas</i>	177

---



---

**CAPÍTULO 35  
LA LEY DE AMPÈRE 187**

---



---

35-1 La ley de Biot-Savart	187
----------------------------	-----

35-2 Aplicaciones de la ley de Biot y Savart	189
35-3 Las líneas de <b>B</b>	193
35-4 Dos conductores paralelos	193
35-5 La ley de Ampère	195
35-6 Solenoides y toroides	197
35-7 El electromagnetismo y los marcos de referencia ( <i>Opcional</i> )	200
<i>Preguntas y problemas</i>	201

---



---

**CAPÍTULO 36  
LA LEY DE LA INDUCCIÓN DE FARADAY 211**

---



---

36-1 Los experimentos de Faraday	211
36-2 La ley de inducción de Faraday	212
36-3 La ley de Lenz	214
36-4 Fem de movimiento o cinética	215
36-5 Campos eléctricos inducidos	218
36-6 El betatrón	221
36-7 La inducción y el movimiento relativo ( <i>Opcional</i> )	222
<i>Preguntas y problemas</i>	225

---



---

**CAPÍTULO 37  
PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LA MATERIA 237**

---



---

37-1 La ley de Gauss para el magnetismo	237
37-2 Magnetismo atómico y nuclear	239
37-3 Magnetización	242
37-4 Materiales magnéticos	244
37-5 El magnetismo de los planetas ( <i>Opcional</i> )	247
<i>Preguntas y problemas</i>	250

---



---

**CAPÍTULO 38  
LA INDUCTANCIA 255**

---



---

38-1 Inductancia	255
38-2 Cálculo de la inductancia	256
38-3 Circuitos LR	258
38-4 Almacenamiento de energía en un campo magnético	261
38-5 Oscilaciones electromagnéticas: análisis cualitativo	264
38-6 Oscilaciones electromagnéticas: análisis cuantitativo	266
38-7 Oscilaciones amortiguadas y forzadas	268
<i>Preguntas y problemas</i>	270

<b>CAPÍTULO 39</b>		<b>CAPÍTULO 43</b>	
<b>CIRCUITOS DE CORRIENTE</b>		<b>REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN</b>	
<b>ALTERNA</b>		<b>EN SUPERFICIES PLANAS</b>	
	<b>279</b>		<b>347</b>
39-1	Corrientes alternas	43-1	Óptica geométrica y óptica ondulatoria
	279		347
39-2	Tres elementos por separado	43-2	Reflexión y refracción
	280		348
39-3	Circuito <i>RLC</i> de una sola malla	43-3	Deducción de la ley de la reflexión
	283		352
39-4	Potencia en los circuitos de CA	43-4	Formación de imágenes en espejos planos
	286		354
39-5	El transformador ( <i>Opcional</i> )	43-5	Deducción de la ley de la refracción
	288		356
	<i>Preguntas y problemas</i>	43-6	Reflexión interna total
	289		359
			<i>Preguntas y problemas</i>
			361
<b>CAPÍTULO 40</b>		<b>CAPÍTULO 44</b>	
<b>ECUACIONES DE MAXWELL</b>		<b>ESPEJOS Y LENTES ESFÉRICOS</b>	
	<b>297</b>		<b>369</b>
40-1	Ecuaciones básicas del electromagnetismo	44-1	Espejos esféricos
	297		369
40-2	Campos magnéticos inducidos y la corriente de desplazamiento	44-2	Superficies esféricas refringentes
	298		375
40-3	Ecuaciones de Maxwell	44-3	Lentes delgadas
	301		377
40-4	Ecuaciones de Maxwell y oscilaciones en cavidades ( <i>Opcional</i> )	44-4	Sistemas ópticos compuestos
	303		383
	<i>Preguntas y problemas</i>	44-5	Instrumentos ópticos
	306		384
			<i>Preguntas y problemas</i>
			387
<b>CAPÍTULO 41</b>		<b>CAPÍTULO 45</b>	
<b>ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS</b>		<b>INTERFERENCIA</b>	
	<b>311</b>		<b>395</b>
41-1	El espectro electromagnético	45-1	Interferencia por una rendija doble
	311		395
41-2	Generación de una onda electromagnética	45-2	Coherencia
	315		399
41-3	Ondas viajeras y las ecuaciones de Maxwell	45-3	Intensidad de la interferencia por una rendija doble
	317		401
41-4	Transporte de energía y el vector de Poynting	45-4	Interferencia en películas delgadas
	320		404
41-5	Ímpetu y presión de la radiación ( <i>Opcional</i> )	45-5	Reversibilidad óptica y cambios de fase en la reflexión ( <i>Opcional</i> )
	322		407
	<i>Preguntas y problemas</i>	45-6	El interferómetro de Michelson
	324		408
		45-7	El interferómetro de Michelson y la propagación de la luz ( <i>Opcional</i> )
			409
			<i>Preguntas y problemas</i>
			411
<b>CAPÍTULO 42</b>		<b>CAPÍTULO 46</b>	
<b>LA NATURALEZA Y PROPAGACIÓN</b>		<b>DIFRACCIÓN</b>	
<b>DE LA LUZ</b>		<b>417</b>	
	<b>331</b>		
42-1	La luz visible	46-1	Difracción y teoría ondulatoria de la luz
	331		417
42-2	La velocidad de la luz	46-2	Difracción por una sola rendija
	332		419
42-3	El efecto Doppler en la luz	46-3	Intensidad de la difracción por una sola rendija
	336		422
42-4	Deducción del efecto Doppler relativista ( <i>Opcional</i> )	46-4	Difracción por una abertura circular
	338		426
42-5	Consecuencias del efecto Doppler relativista ( <i>Opcional</i> )	46-5	Interferencia por una rendija doble y difracción combinadas
	340		428
	<i>Preguntas y problemas</i>		<i>Preguntas y problemas</i>
	341		432

---



---

**CAPÍTULO 47**  
**REJILLAS Y ESPECTROS** **437**

---

47-1 Rendijas múltiples	437
47-2 Rejillas de difracción	441
47-3 Dispersión y poder de resolución	443
47-4 Difracción de los rayos X	446
47-5 Holografía ( <i>Opcional</i> )	449
<i>Preguntas y problemas</i>	451

---



---

**CAPÍTULO 48**  
**POLARIZACIÓN** **457**

---

48-1 Polarización	457
48-2 Láminas polarizadoras	458
48-3 Polarización por reflexión	461
48-4 Doble refracción	463
48-5 Polarización circular	467
48-6 Dispersión de la luz	469
48-7 Hacia el límite del cuanto	471
<i>Preguntas y problemas</i>	473

---



---

**CAPÍTULO 49**  
**LA LUZ Y LA FÍSICA CUÁNTICA** **477**

---

49-1 Radiación térmica	477
49-2 Ley de la radiación de Planck	480
49-3 Cuantificación de la energía	481
49-4 Capacidad calorífica de los sólidos	483
49-5 Efecto fotoeléctrico	486
49-6 Teoría del fotón de Einstein	487
49-7 El efecto Compton	489
49-8 Espectros de líneas	492
<i>Preguntas y problemas</i>	494

---



---

**CAPÍTULO 50**  
**NATURALEZA ONDULATORIA**  
**DE LA MATERIA** **501**

---

50-1 Comportamiento ondulatorio de las partículas	501
50-2 Longitud de onda de de Broglie	503
50-3 Prueba de la hipótesis de de Broglie	504
50-4 Ondas, paquetes de ondas y partículas	507
50-5 Relaciones de incertidumbre de Heisenberg	509
50-6 Función de onda	512
50-7 Partículas atrapadas y densidades de probabilidad	513

50-8 Tunelización por una barrera	518
50-9 Principio de correspondencia	521
50-10 Ondas y partículas	522
<i>Preguntas y problemas</i>	525

---



---

**CAPÍTULO 51**  
**ESTRUCTURA DEL ÁTOMO**  
**DE HIDRÓGENO** **531**

---

51-1 Teoría de Bohr	531
51-2 El átomo de hidrógeno y la ecuación de Schrödinger	536
51-3 Ímpetu o momento angular	538
51-4 Experimento de Stern-Gerlach	542
51-5 Espín del electrón	545
51-6 Conteo de los estados del átomo de hidrógeno	546
51-7 Estado base del hidrógeno	548
51-8 Estados excitados del hidrógeno	549
51-9 Detalles de la estructura atómica ( <i>Opcional</i> )	551
<i>Preguntas y problemas</i>	553

---



---

**CAPÍTULO 52**  
**FÍSICA ATÓMICA** **559**

---

52-1 El espectro de rayos X	559
52-2 Los rayos X y la numeración de los elementos	561
52-3 Construir átomos	563
52-4 La tabla periódica	565
52-5 Los láseres y la luz láser	569
52-6 Einstein y el láser	570
52-7 Cómo funciona el láser	572
52-8 Estructura molecular	574
<i>Preguntas y problemas</i>	576

---



---

**CAPÍTULO 53**  
**CONDUCCIÓN ELÉCTRICA**  
**EN LOS SÓLIDOS** **581**

---

53-1 Electrones de conducción en un metal	581
53-2 Ocupación de los estados permitidos	583
53-3 Conducción eléctrica en metales	586
53-4 Bandas de energía permitidas y prohibidas	587
53-5 Conductores, aislantes y semiconductores	588
53-6 Semiconductores con impurezas	591
53-7 Unión <i>pn</i>	593
53-8 Electrónica óptica	597
53-9 El transistor	599
53-10 Superconductores	600
<i>Preguntas y problemas</i>	602

---

**CAPÍTULO 54**  
**FÍSICA NUCLEAR**


---

**609**

54-1 Descubrimiento del núcleo	609
54-2 Algunas propiedades nucleares	611
54-3 Desintegración radiactiva	615
54-4 Desintegración alfa	617
54-5 Desintegración beta	618
54-6 Medición de la radiación ionizante	620
54-7 Radiactividad natural	621
54-8 Reacciones nucleares	623
54-9 Modelos nucleares ( <i>Opcional</i> )	625
<i>Preguntas y problemas</i>	628

---

**CAPÍTULO 55**  
**ENERGÍA DEL NÚCLEO**


---

**637**

55-1 El átomo y el núcleo	637
55-2 Fisión nuclear: el proceso básico	638
55-3 Teoría de la fisión nuclear	640
55-4 Reactores nucleares: principios básicos	641
55-5 Un reactor natural	644
55-6 Fusión termonuclear: proceso básico	646
55-7 Fusión termonuclear en las estrellas	648
55-8 Fusión termonuclear controlada	649
55-9 Confinamiento magnético	651
55-10 Confinamiento inercial	652
<i>Preguntas y problemas</i>	654

---

**CAPÍTULO 56**  
**FÍSICA DE PARTÍCULAS**  
**Y COSMOLOGÍA**


---

**661**

56-1 Interacciones de la partícula	661
56-2 Familias de partículas	664
56-3 Leyes de la conservación	668
56-4 El modelo del quark	670
56-5 La cosmología del Big-Bang	675
56-6 Nucleosíntesis	680
56-7 La edad del Universo	684
<i>Preguntas y problemas</i>	688

---

**APÉNDICES**


---

A El sistema internacional de unidades (SI)	A-1
B Algunas constantes fundamentales de la física	A-3
C Algunos datos astronómicos	A-4
D Propiedades de los elementos	A-5
E Tabla periódica de los elementos	A-7
F Partículas elementales	A-8
G Factores de conversión	A-10
H Fórmulas matemáticas	A-14
I Programas de computadora	A-16
J Premios Nobel de física	A-20
K Tablas	A-24
RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS	
CON NUMERACIÓN IMPAR	R-28
CRÉDITOS DE LAS FOTOGRAFÍAS	C-1
ÍNDICE	I-1