

# 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>	0

## 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

---

<b>CAPÍTULO 32</b>	
<b>CORRIENTE Y RESISTENCIA</b>	<b>117</b>

---

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

---

<b>CAPÍTULO 33</b>	
<b>CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA</b>	<b>137</b>

---

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

---

<b>CAPÍTULO 34</b>	
<b>EL CAMPO MAGNÉTICO</b>	<b>159</b>

---

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

---

<b>CAPÍTULO 35</b>	
<b>LA LEY DE AMPÈRE</b>	<b>187</b>

---

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

---

<b>CAPÍTULO 36</b>	
<b>LA LEY DE LA INDUCCIÓN DE FARADAY</b>	<b>211</b>

---

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

---

<b>CAPÍTULO 37</b>	
<b>PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LA MATERIA</b>	<b>237</b>

---

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

---

<b>CAPÍTULO 38</b>	
<b>LA INDUCTANCIA</b>	<b>255</b>

---

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



---

**CAPÍTULO 39**  
**CIRCUITOS DE CORRIENTE**  
**ALTERNA** **279**


---

39-1 Corrientes alternas	279
39-2 Tres elementos por separado	280
39-3 Circuito <i>RLC</i> de una sola malla	283
39-4 Potencia en los circuitos de CA	286
39-5 El transformador ( <i>Opcional</i> )	288
<i>Preguntas y problemas</i>	289

---

**CAPÍTULO 40**  
**ECUACIONES DE MAXWELL** **297**


---

40-1 Ecuaciones básicas del electromagnetismo	297
40-2 Campos magnéticos inducidos y la corriente de desplazamiento	298
40-3 Ecuaciones de Maxwell	301
40-4 Ecuaciones de Maxwell y oscilaciones en cavidades ( <i>Opcional</i> )	303
<i>Preguntas y problemas</i>	306

---

**CAPÍTULO 41**  
**ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS** **311**


---

41-1 El espectro electromagnético	311
41-2 Generación de una onda electromagnética	315
41-3 Ondas viajeras y las ecuaciones de Maxwell	317
41-4 Transporte de energía y el vector de Poynting	320
41-5 Ímpetu y presión de la radiación ( <i>Opcional</i> )	322
<i>Preguntas y problemas</i>	324

---

**CAPÍTULO 42**  
**LA NATURALEZA Y PROPAGACIÓN DE LA LUZ** **331**


---

42-1 La luz visible	331
42-2 La velocidad de la luz	332
42-3 El efecto Doppler en la luz	336
42-4 Deducción del efecto Doppler relativista ( <i>Opcional</i> )	338
42-5 Consecuencias del efecto Doppler relativista ( <i>Opcional</i> )	340
<i>Preguntas y problemas</i>	341

---

**CAPÍTULO 43**  
**REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN EN SUPERFICIES PLANAS** **347**


---

43-1 Óptica geométrica y óptica ondulatoria	347
43-2 Reflexión y refracción	348
43-3 Deducción de la ley de la reflexión	352
43-4 Formación de imágenes en espejos planos	354
43-5 Deducción de la ley de la refracción	356
43-6 Reflexión interna total	359
<i>Preguntas y problemas</i>	361

---

**CAPÍTULO 44**  
**ESPEJOS Y LENTES ESFÉRICOS** **369**


---

44-1 Espejos esféricos	369
44-2 Superficies esféricas refringentes	375
44-3 Lentes delgadas	377
44-4 Sistemas ópticos compuestos	383
44-5 Instrumentos ópticos	384
<i>Preguntas y problemas</i>	387

---

**CAPÍTULO 45**  
**INTERFERENCIA** **395**


---

45-1 Interferencia por una rendija doble	395
45-2 Coherencia	399
45-3 Intensidad de la interferencia por una rendija doble	401
45-4 Interferencia en películas delgadas	404
45-5 Reversibilidad óptica y cambios de fase en la reflexión ( <i>Opcional</i> )	407
45-6 El interferómetro de Michelson	408
45-7 El interferómetro de Michelson y la propagación de la luz ( <i>Opcional</i> )	409
<i>Preguntas y problemas</i>	411

---

**CAPÍTULO 46**  
**DIFRACCIÓN** **417**


---

46-1 Difracción y teoría ondulatoria de la luz	417
46-2 Difracción por una sola rendija	419
46-3 Intensidad de la difracción por una sola rendija	422
46-4 Difracción por una abertura circular	426
46-5 Interferencia por una rendija doble y difracción combinadas	428
<i>Preguntas y problemas</i>	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