

1 EL CAMPO ELECTROSTÁTICO

1

- 1.1 Carga eléctrica, 1
- 1.2 Ley de Coulomb, 2
- 1.3 El principio de superposición, 3
- 1.4 El campo gravitacional, 4
- 1.5 El campo eléctrico, 5
- 1.6 Campo eléctrico debido a una barra cargada: Caso 1, 8
- 1.7 Campo eléctrico debido a una barra cargada: Caso 2, 9
- 1.8 E sobre el eje de una espira cargada, 13
- 1.9 Conductores y aisladores, 14
- 1.10 Consideraciones cualitativas, 15
- 1.11 Algunos experimentos sencillos, 15
- 1.12 Movimiento de cargas en un campo eléctrico, 17

2 LEY DE GAUSS

22

- 2.1 Líneas de flujo eléctrico, 22
- 2.2 Flujo que emana de una carga puntual, 25
- 2.3 Ley de Gauss, 26
- 2.4 Campo debido a una esfera uniformemente cargada, 27
- 2.5 Campo eléctrico y cargas en conductores, 29
- 2.6 El campo entre placas metálicas paralelas, 30
- 2.7 Un cilindro largo, uniformemente cargado, 32
- 2.8 Campo cercano a una superficie metálica, 35

3 POTENCIAL

39

- 3.1 Diferencia de potencial, 39
- 3.2 Placas metálicas paralelas, 40
- 3.3 Trabajo y energía en electrostática, 42
- 3.4 Cargas puntuales y diferencia de potencial, 43
- 3.5 Líneas y superficies equipotenciales, 44
- 3.6 Potenciales absolutos, 47
- 3.7 Potencial resultante de varias cargas, 48
- 3.8 Potencial debido a una barra cargada, 49
- 3.9 Campos eléctricos a partir de potenciales, 51
- 3.10 El electrón volt (eV), 54
- 3.11 Dos cilindros concéntricos: Un ejemplo, 55
- 3.12 Potencial de un anillo uniformemente cargado, 57
- 3.13 Potencial de un disco uniformemente cargado, 58

4 ELEMENTOS DE UN CIRCUITO

62

- 4.1 Las baterías como fuentes de fem, 62
- 4.2 Corriente eléctrica, 63
- 4.3 Resistencia y resistividad, 64
- 4.4 Variación de la resistencia con la temperatura, 67
- 4.5 Capacitores y capacitancia, 67
- 4.6 Capacitor de placas paralelas, 68
- 4.7 Capacitor cilíndrico, 69
- 4.8 Circuito serie simple, 70
- 4.9 Trabajo y potencia, 72
- 4.10 Regla de los circuitos de Kirchhoff, 74
- 4.11 Constante de tiempo RC, 75
- 4.12 Descarga de un capacitor, 79
- 4.13 Combinación de capacitores, 81
- 4.14 Energía almacenada en un capacitor, 82

5	LOS CIRCUITOS DE CD	89
5.1	Los resistores en serie y en paralelo, 89	
5.2	Las reglas de Kirchhoff, 91	
5.3	La medición de la resistencia, 94	
5.4	El potenciómetro, 96	
5.5	Los circuitos domésticos y la seguridad eléctrica, 97	
6	LOS CAMPOS MAGNÉTICOS	105
6.1	Representación gráfica de los campos magnéticos, 105	
6.2	Las corrientes como fuentes de los campos magnéticos, 106	
6.3	La fuerza ejercida sobre las corrientes y las cargas en movimiento, 107	
6.4	Definición de la inducción magnética B, 108	
6.5	La fuerza sobre una carga en movimiento, 112	
6.6	El efecto Hall, 114	
6.7	La torca sobre una espira de corriente, 116	
6.8	Los mecanismos de los medidores y de los motores, 118	
6.9	La interacción magnética en particular con grandes velocidades, 121	
7	LAS FUENTES DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS	125
7.1	La ley circuital de Ampère, 125	
7.2	B de un conductor recto largo, 126	
7.3	El campo de un solenoide recto largo, 129	
7.4	El toroide, 131	
7.5	La ley de Biot y Savart, 132	
7.6	El punto central de una espira circular, 133	
7.7	Un punto axial de una espira circular, 133	
7.8	Los efectos en los extremos de un solenoide, 134	
8	LOS EFECTOS DE LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA	143
8.1	Las FEM inducidas, 143	
8.2	Inductancia mutua, 147	
8.3	Autoinductancia, 148	
8.4	El circuito LR, 149	
8.5	La energía en un campo magnético, 152	
8.6	Las bobinas giratorias: Los generadores, 153	
8.7	Las FEM inducidas y los campos eléctricos, 154	
8.8	La aceleración del betatrón, 156	
8.9	El potencial y las corrientes, 158	
8.10	FEM del movimiento, 159	
9	LOS MATERIALES DIELECTRICOS Y MAGNÉTICOS	166
9.1	Los dipolos eléctricos, 166	
9.2	Los dipolos eléctricos atómicos y moleculares, 167	
9.3	Los dieléctricos y la constante dieléctrica, 168	
9.4	Medición de la constante dieléctrica, 171	
9.5	La ley de Gauss para los dieléctricos, 171	
9.6	La ley de Coulomb para los dieléctricos, 172	
9.7	Las propiedades magnéticas, 173	
9.8	El diamagnetismo, 174	
9.9	El paramagnetismo, 175	
9.10	La medición de efectos magnéticos, 176	
9.11	Los materiales ferromagnéticos, 178	
9.12	La curva de histéresis, 179	
9.13	La ley de Gauss del magnetismo, 180	
9.14	Las corrientes ligadas en los materiales magnéticos, 181	

- 9.15 La ley circuital de Ampère en los materiales magnéticos, 182

10 LOS CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA **187**

- 10.1 Las cantidades RCM, 187
 10.2 Los circuitos de un solo elemento, 188
 10.3 El circuito LRC en serie, 191
 10.4 Las representaciones vectoriales, 193
 10.5 La resonancia, 194
 10.6 El consumo de la potencia, 195
 10.7 La transmisión de potencia y el transformador, 196
 10.8 El amortiguamiento de las oscilaciones, 198

11 LAS INTERACCIONES Y LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS **205**

- 11.1 Resumen de los resultados previos, 205
 11.2 La corriente de desplazamiento de Maxwell, 206
 11.3 Un estudio cualitativo de las ondas electromagnéticas, 209
 11.4 La ecuación de onda, 210
 11.5 Las ondas electromagnéticas, 214
 11.6 La recepción de las ondas de radio, 215
 11.7 Definición de las unidades eléctricas, 216
 11.8 La relación entre los campos eléctrico y magnético, 217

12 ONDAS **223**

- 12.1 Algunos aspectos de las ondas, 223
 12.2 Tipos de ondas electromagnéticas, 225
 12.3 Energía de las ondas electromagnéticas, 227
 12.4 Ondas en una cuerda, 230
 12.5 La ecuación de una onda en una cuerda, 231
 12.6 La transmisión de energía a lo largo de cuerdas, 233
 12.7 Ondas sonoras, 234
 12.8 La ecuación de onda y la velocidad de las ondas de compresión, 236
 12.9 El efecto Doppler, 240

13 REFLEXIÓN Y REFRACCIÓN **246**

- 13.1 Ondas esféricas y planas, 246
 13.2 Ley de la reflexión, 247
 13.3 Espejos planos, 248
 13.4 Espejos esféricos: Espejo cóncavo, 249
 13.5 Espejos esféricos: Espejo convexo, 251
 13.6 Diagramas de rayos para los espejos, 253
 13.7 Refracción de las ondas, 254
 13.8 Reflexión total interna, 256
 13.9 Formación de imágenes por refracción, 257
 13.10 Lentes delgadas, 260
 13.11 Diagrama de rayos para las lentes, 262

14 INTERFERENCIA DE ONDAS **268**

- 14.1 Superposición de ondas, 268
 14.2 Interferencia de ondas sonoras, 269
 14.3 La suma de dos ondas, 271
 14.4 El experimento de Young de la doble ranura, 272
 14.5 La suma de ondas con fasores, 274
 14.6 La triple ranura, 279
 14.7 Interferómetro de Michelson, 279

- 14.8 Velocidad de la luz en los gases, 281
- 14.9 Cambio de fase en la reflexión, 283
- 14.10 La interferencia en películas delgadas, 284

15 LA DIFRACCIÓN **291**

- 15.1 Introducción, 291
- 15.2 La difracción de Fraunhofer en una sola ranura, 292
- 15.3 Un estudio cuantitativo de la difracción de una sola ranura, 294
- 15.4 Un método gráfico para la difracción de una sola ranura, 296
- 15.5 El poder de resolución de una ranura sencilla, 298
- 15.6 El patrón de difracción de la doble ranura, 299
- 15.7 La rejilla de difracción, 302
- 15.8 La difracción por cristales, 306

16 LOS INSTRUMENTOS ÓPTICOS **311**

- 16.1 La lente de aumento simple o lupa, 311
- 16.2 Los límites en la resolución, 312
- 16.3 El telescopio simple, 314
- 16.4 El microscopio compuesto, 315
- 16.5 El espectrómetro de rejilla y los espectros, 316
- 16.6 El poder de resolución de una rejilla, 318
- 16.7 El espectrómetro de prisma, 320
- 16.8 Las ondas polarizadas, 322
- 16.9 La doble refracción y el prisma de Nicol, 324
- 16.10 Usos de la luz polarizada, 324

17 LA RESONANCIA DE LAS ONDAS **330**

- 17.1 Un estudio experimental de las ondas en una cuerda, 330
- 17.2 La reflexión de ondas sobre una cuerda, 332
- 17.3 La resonancia de una cuerda, 334
- 17.4 La vibración de una membrana, 336
- 17.5 La resonancia longitudinal de una barra, 338
- 17.6 Resonancia del sonido en tubos, 339
- 17.7 La resonancia de las ondas electromagnéticas entre placas paralelas, 341
- 17.8 La resonancia en tubos y cavidades, 342

18 LOS FENÓMENOS CUÁNTICOS **347**

- 18.1 La catástrofe ultravioleta, 347
- 18.2 La hipótesis de Planck, 348
- 18.3 El efecto fotoeléctrico, 351
- 18.4 La dispersión de Compton, 354
- 18.5 El átomo nuclear, 357
- 18.6 La dispersión de Rutherford, 360

19 INTRODUCCIÓN A LOS ÁTOMOS Y A LOS ESPECTROS **366**

- 19.1 Las series espectrales del hidrógeno, 366
- 19.2 La teoría de Bohr del átomo de hidrógeno, 368
- 19.3 Los niveles de energía en el hidrógeno, 371
- 19.4 El espectro de absorción del hidrógeno, 373
- 19.5 El principio de correspondencia, 375
- 19.6 Las ondas de Broglie, 376
- 19.7 El experimento de Davisson-Germer, 378
- 19.8 La ecuación de Schrödinger, 380
- 19.9 La partícula en un tubo (o caja), 383

20 LOS ÁTOMOS Y LAS MOLÉCULAS**391**

- 20.1 La ecuación de Schrödinger y el átomo de hidrógeno, 391
- 20.2 La distribución electrónica en el hidrógeno, 394
- 20.3 El espín del electrón, 394
- 20.4 La tabla periódica y el principio de exclusión, 395
- 20.5 El principio de incertidumbre, 398
- 20.6 Los factores experimentales que influyen en la incertidumbre, 400
- 20.7 Los espectros de los átomos, 403
- 20.8 El laser, 405
- 20.9 Los espectros de los sólidos, 407
- 20.10 Los espectros y los niveles de energía de las moléculas, 410

21 LOS NÚCLEOS DE LOS ÁTOMOS**418**

- 21.1 El electrón, el protón y el neutrón, 418
- 21.2 Los momentos magnéticos de las partículas, 420
- 21.3 El tamaño de los núcleos, 422
- 21.4 Las masas nucleares, 423
- 21.5 Los núcleos estables, 425
- 21.6 La energía de amarre nuclear y el defecto de masa, 426
- 21.7 El modelo de la gota líquida del núcleo, 428
- 21.8 El modelo de capas del núcleo, 430
- 21.9 La radiactividad, 431
- 21.10 Las series radiactivas, 433
- 21.11 El origen de los rayos γ , 436
- 21.12 La emisión de las partículas β , 436
- 21.13 La emisión de las partículas α , 437
- 21.14 La fisión nuclear, 439

22 LA FÍSICA DE LAS GRANDES ENERGÍAS**447**

- 22.1 Las colisiones, 447
- 22.2 La absorción de los rayos, 449
- 22.3 El sistema del centro de masas, 450
- 22.4 La interacción de partículas cargadas con la materia, 452
- 22.5 Los detectores de radiación, 457
- 22.6 Los aceleradores de partículas, 459
- 22.7 Las reacciones nucleares y las leyes de conservación, 462
- 22.8 Las reacciones de fusión, 464
- 22.9 Las fuerzas entre los nucleones, 465
- 22.10 El campo de los fotones, 466
- 22.11 El campo de los mesones, 467
- 22.12 Las partículas fundamentales, 468

APÉNDICES

1	Factores de conversión, 474
2	Constantes y datos físicos, 475
3	Repaso de algunas matemáticas, 476
4A	Funciones trigonométricas, 478
4B	Tabla de funciones exponenciales, 479
5	Logaritmos de base diez, 480
6A	Tabla periódica de los elementos, 483
6B	Tabla abreviada de isótopos, 484
7	Integración, 487
8	Transformación de Lorentz-Einstein, 491
9	Ondas, 492

RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS, 495**ÍNDICE ANALÍTICO, 501**