

Índice

Los números de páginas en *itálicas* indican ilustraciones; los números de páginas seguidos por "n" indican notas de pie de página; los números de página seguidos por "t" indican tablas.

- Aberración(es) esférica(s), 355, 355, 369, 369-370
 cascarón esférico, fuerza gravitacional entre, con una esfera dentro, 50, 50
 delgado, campo eléctrico debido a, 46, 46-47
- Aberraciones, cromáticas,
 de lentes, 369, 369-371, 370
 esféricas, 354, 354, 369, 369, 370
- Aceleración positiva, de una carga puntual, 22, 22
- Adaptación del ojo, 373
- Aislador(es), 6, 7, 7
 aplicación de la ley de Gauss a, 45-48
 definición de, 5
- Alambrado doméstico, 173, 173
- Alambre de cobre, velocidad de arrastre del, 129-130
- Alambre de nicromio, resistencia del, 134
- Alambre vivo, 173, 173n
- Álgebra, A.9-A.14
- Ampère (unidad), 8, 128, 131, 144
 definición de, 225
- Ampère, André, 188, 226
- Ampère-metro, 197
- Amperímetro, 169, 169-170
- Ángulo crítico, para reflexión interna total, 338
 índice de refracción y, 339, 339
- Ángulo de Brewster, sólido, 51
- Anillo de Rowland, 240-241, 241
- Anteojos, 376n
- Antilogaritmo, A.14
- Aparatos domésticos, conexiones eléctricas para, 173, 173
- Aproximación de rayos, en ópticas geométricas, 324, 324-325, 325, 340
- Astigmatismo, 375
- Átomo de hidrógeno, 11
- Átomo(s),
 del hidrógeno, 11
 metálico, 19n
 momentos magnéticos de, 236-238, 237, 238t
- Aumento, angular, 376, 377, 378, 380
 lateral, 352, 378, 381
 máxima, 377
- Aumento simple, 376, 376-377
- Auroras australes, 202
- Auroras boreales, 187, 201-202
- Autoinducción, 293
- Autoinductancia, 294-295
- Balanza de torsión,
 de Coulomb, 5, 5
- Bandas de radiación de Van Allen, 200-202, 201
- Barra(s), centro de masa de,
 cargada(s), campo eléctrico debido a, 17, 17
- Batería(s), barras conductoras conectadas a, flujos de cargas positivas en, 141, 141, 141n
 potencia suministrada a un resistor mediante, 141
 voltaje terminal de, 155
- Bednorz, George, 137
- Biot, Jean Baptiste, 220
- Bobina(s), inductancia de, 294, 308
 como evento independiente, 139n
 de electrones, en cobre, 140
 inducción de fem en, 264
 primaria y secundaria, 261
 tiempo promedio entre, 139-140
- Bola de cristal, refracción y, 362, 362
- Botella magnética, 200, 200
- Buceo, refracción y, 362
- Cable coaxial, 300, 300
 de temperatura, de resistividad, 135-136
 para diversos materiales, 132t
 Hall, 207
 resistencia de, 135, 135
- Cálculo,
 diferencial, A.18, A.21
 integral, A.21-A.25
- Calefactor eléctrico, potencia en, 142
- Calentamiento Joule, 142, 142n, 267
- Calor, y energía térmica, factores de conversión para, A.2
- Cámara, 371, 371-372
- Cámara de burbujas, 201
- Campo eléctrico debido a, 13, 13, 46, 46-47
 dos, potencial eléctrico de, 69, 69n, 69-70
 energía potencial de, 69, 85
 energía potencial debida a, potencial eléctrico y, 68, 68-70, 69
 exterior de una superficie cerrada, 43, 43
 grupo de, campo eléctrico debido a, 13, 26
 líneas de campo eléctrico para, 19, 19-21, 20, 21
 positiva, aceleración de, 22, 22
 potencial debido a, 70, 70
 potencial eléctrico de, 69
 varias, potencial eléctrico de, 69, 69
- Campo(s), eléctrico(s), 3-37, 12, 15, 12
 cálculos, empleando la ley de Gauss, 52t
 de dipolo, 15, 15
- de un anillo de carga uniforme, 17-18, 18
- de un disco cargado uniformemente, 18, 18-19
- de una distribución de carga continua, 15-19, 16, 26
- debido a dos cargas, 14, 14-15
- debido a un grupo de cargas, 13, 26
- debido a un solenoide, 272, 272-273
- debido a una barra cargada, 17, 17
- debido a una carga puntual, 13, 13, 26
- definición de, 12
- densidad de energía en, 106
 determinación de, 26-27
 energía potencial de, dipolo eléctrico en, 112, 113
 entre placas paralelas de carga opuesta, 67, 67
 externo, dipolo eléctrico en, 112, 112-113
- fem inducida, y, 271, 271-273
- inducido, 272
- líneas de, 19, 19-21, 26, 66, 66
 alrededor de dos conductores esféricos, 78, 78
 para carga(s) puntual(es), 19, 19-21, 20, 21
 reglas para dibujar, 20
- no uniforme, y capacitor de placas paralelas, 111, 111-112
- obtención de, a partir del potencial eléctrico, 69, 71-73
- portador de carga en, movimiento de, 138-139, 139
- proyección de un electrón dentro de, 22, 22-23
- total, 13
- unidades del SI de, 65
- uniforme, movimiento de un protón, 67-68, 68
 diferencias de potencial en, 65-66, 66, 84
- magnético, 187-218, 245
 a lo largo del eje de un solenoide, 231, 231-232, 232
 alrededor de un conductor, 221-222, 222
 creado por un alambre que conduce corriente, 227, 227-228, 228
 creado por un conductor que conduce corriente, 221, 225, 225
 creado por un toroide, 228, 228, 245
 creado por una lámina de corriente infinita, 228-229, 229
- de la Tierra, 243-245, 244
- de un solenoide, 230, 230-231, 245, 299

- debido a un segmento de alambre, 222-223, 223
- dirección de, 189, 189
- energía en, 298-299, 308
- estable, 191
- fuentes de, 219-258
- intensidad de, 238
- magnetización, 238-239
- movimiento de partículas cargadas en, 189-190, 191, 198-202, 199, 209
- aplicaciones de, 202-205
- movimiento de una espira a través de, 270-271, 271
- patrones, 189, 189
- propiedades de, creado por una corriente eléctrica, 220
- protón moviéndose en, 192, 192
- reducción exponencial de, 265, 265
- sobre el eje de un lazo circular de corriente circular, 223, 223-224, 224
- unidades del SI de, 192
- uniforme, conductor conduciendo corriente en, 193, 193, 194, 194, 209
- fuerza en, 193, 209
- momento de torsión sobre un lazo de corriente en, 196, 196-198, 197
- protón que se mueve perpendicular a, 199
- Cantidades físicas, símbolos, dimensiones y unidades de, A.3-A.4
- Cañón electrónico, 24, 24
- Capacitancia, y geometría, 116
- cálculo de, 98-101
- de capacitores llenos, 108, 108n
- definición de, 97-98, 116, 116
- equivalente, 104-105, 105
- unidad del SI, 98, 116
- Capacitor(es), 97-98, 98, 98n, 116, 117-118
- carga de, 164-166, 163
- carga de, carga contra tiempo para, 166
- corriente contra tiempo para, 166, 166
- carga máxima en, 165
- cargado, energía almacenada en, 105n, 106, 109, 109, 105-107
- cilíndrico, 100, 100-101
- combinaciones de, 101, 101-105, 102, 103
- con dieléctricos, 107, 107-112
- corriente de desplazamiento en, 236
- de alto voltaje, 109, 110
- de placas paralelas, 109, 109-110, 110, 114, 114
- efecto en una placa metálica, 114-115, 115
- energía almacenada en, 106
- y campo eléctrico no uniforme, 111, 111-112
- descarga de, 167, 167
- descarga, carga contra tiempo para, 167
- corriente contra tiempo para, 167
- dos cargados, realambreado de, 106-107, 107
- electrolítico, 109-110, 110
- en circuito RC, carga de, 168, 168
- descarga de, 168-169
- esférico, 101, 101
- lleno de papel, 110
- lleno, capacitancia de, 108, 108n
- parcialmente lleno, 115, 115
- tipos de, 109
- tubular, 109, 110
- Carga(s), conservación de, 153, 175
- anillo uniforme de, de campo eléctrico, 17-18, 18
- eléctrica, conservación de la, 4
- cuantificada, 5
- densidad lineal, 16
- densidad superficial, 16
- densidad volumétrica, 16
- distribución cilíndrica simétrica de, 17, 17
- distribución continua, de campo eléctrico, 15-18, 16, 26
- distribución de carga continua, 15-16
- distribución esféricamente simétrica de, 45, 45-46, 46
- dos, campo eléctrico debido a, 14, 14-15
- en esferas, 11, 11-12
- inducida, 6
- lámina plana no conductora de, 48, 48
- negativa, 4, 4-5
- positiva, 4
- propiedades de, 3-5, 5, 25
- línea finita de, potencial eléctrico, 75, 75
- máxima, 165
- puntual. Véase Carga(s) puntual(es)
- Carga(s) puntual(es), superficie cerrada rodeando una, 43, 43
- campo eléctrico debido a, 13, 13, 46, 46-47
- dos, potencial eléctrico de, 69, 69n, 69-70
- energía potencial de, 69, 85
- energía potencial debida a, potencial eléctrico y, 68, 68-70
- exterior de una superficie cerrada, 43, 43
- grupo de, campo eléctrico debido a, 13, 26
- líneas de campo eléctrico para, 19, 19-21, 20, 21
- positiva, aceleración de, 22, 22
- potencial debido a, 70, 70
- potencial eléctrico de, 69
- varias, potencial eléctrico de, 69, 69
- Cargado eléctricamente, 4
- Carlson, Chester, 82
- Ciclotrón, 204-205, 205
- Circuito de ca. Véase Circuito(s), corriente alterna
- Circuito de corriente, circular, eje de, campo magnético sobre, 223, 223-224, 224
- momento de torsión sobre, en un campo magnético uniforme, 196, 196-198, 197
- momento magnético de, 197, 209
- Circuito, ecuación de, A.15
- Circuito RC, 164-169
- capacitor en, carga de, 168, 168
- descarga de, 168-169
- Circuito(s), corriente alterna, constante de tiempo de, 175
- corriente directa, 153-186
- de estado estable, 153, 164
- de una sola trayectoria, 162, 162-163
- de varias trayectorias, 163-164, 164
- domésticos, diagramas de alambreado para, 173, 173
- LC, 302
- carga contra tiempo para, 304, 305, 308
- corriente contra tiempo para, 304-305, 305, 308
- energía total en, 304, 305, 305, 309
- oscilaciones en, 302-306
- frecuencia angular de, 304
- oscilatorios, 356, 356
- transferencia de energía en, 302, 303
- RC, 164-169
- RL, 295, 295-298, 296
- constante de tiempo de, 296, 296-297, 298, 298, 308
- corriente contra tiempo para, 298, 298
- corriente inicial en, 298, 308
- RLC, 306, 306-307, 309
- carga contra tiempo para, 307, 307
- sobreamortiguado, 307, 307
- Circuito(s), LC. Véase Circuito(s), LC
- Cobre, electrones excitados en el, efecto Hall para, 208
- Coefficiente(s), promedio, de expansión, Hall, 207
- de temperatura, de resistividad, 135-136
- para diversos materiales, 132t
- Computadoras, problemas de hoja de cálculo, A.29-A.31
- requerimiento de hardware y hojas de cálculo, A.29
- requerimiento de software y hojas de cálculo, A.29-A.30
- tutorial de hoja de cálculo para, A.30-A.31
- Condon, E.U., eléctrica. Véase Conducción eléctrica
- Conducción eléctrica en semiconductores, 333
- modelo para, 138-140
- Conductividad(es), 130n, 139, 144
- aterrizado, 6
- campo magnético alrededor de, 221, 222, 222
- cargados, potencial de, 76-79, 77, 78
- cavidad dentro de, 78, 78-79
- corriente en, 129, 129, 144
- definición de, 5, 25
- en equilibrio electrostático, 48, 50, 49, 53
- en un campo magnético uniforme, 193, 193, 194, 194, 209
- fuerzas magnéticas sobre, 192-196, 193
- metales como, 6
- paralelos, fuerza magnética entre, 224, 224-225
- pérdida de potencia en, 141-142, 145
- portador de carga en, movimiento de, 129, 129, 138, 138
- que conducen corriente, campo creado por, 221, 225, 225
- resistencia de, 131, 134, 145
- semicirculares, fuerza sobre, 195, 195-196
- uniforme, resistencia de, 132
- y resistividad, 139, 145
- Conexiones eléctricas, para aparatos domésticos, 173, 173
- Constante de Coulomb, 8, 25
- Constante de Curie, 242
- Constante de Planck, 237, 322

- Constante de tiempo, de un circuito *RL*, 298, 298
- Constante(s) dieléctrica(s), 107, 108t, 117
- Cordón eléctrico, de tres terminales, 174
- Córnea del ojo, 372
- Corriente de desplazamiento, 235, 246
en capacitores, 236
- Corriente, y movimiento de partículas cargadas, 128, 128
- contra tiempo, para circuitos *RL*, 298, 298
- de desplazamiento, 235, 246
capacitores en, 236
- definición de, 128
- densidad de, 130, 139, 144
- dirección de, 128, 128
- en conductores, 129, 129, 144
- en un haz de electrones, 143, 143-144
- inducida, 260, 260n, 261, 266, 269, 269-270
en motores, 276
- instantánea, 128
- máxima, 165
- promedio, 128
- unidad del SI, de, 128, 131, 144
- y resistencia, 127-151
- Corrientes parásitas, 276, 276-277, 277
- Coulomb, Charles, 1, 5, 7, 8
- Coulomb (unidad), definición de, 225
- Cuantización de la carga eléctrica, 5
- Curie, Pierre, 242
- Curva de magnetización, 241, 241, 242
- Choque(s),
como evento independiente, 139n
- de electrones en cobre, 140
- eléctrico, 174
- tiempo promedio entre, 139-140
- Densidad de carga, 132
- Densidad de energía magnética, 299
- Densidad de energía, promedio,
en un campo eléctrico, 106
- Densidad de masa, 132
- Densidad(es), y masa atómica,
de carga, 132
- de carga lineal, 16
- de carga superficial, 16, 129n
- de carga volumétrica, 16
- de corriente, 129, 139, 144
- de energía, promedio,
en campo eléctrico, 106
- magnética, 299
- de masa, 132
- Derivada(s), parciales, 72
- Desarrollos de series, A.18
- Descarga en corona, 79
- Descartes, René, 327n, 335
- Desviación, ángulo de, 331-333, 332
- Diagrama de Feynman, dirección de, 189, 189
- Diagrama(s) de rayos, para espejos, 357-358, 358
- Diamagnetismo, 236, 239, 242-243
- Dieléctrico(s), descripción atómica de, 113-116, 114
capacitores con, 107, 107-112
definición de, 107
- Diferencia de potencial, 131
en un campo eléctrico uniforme, 65-68, 66, 84
y potencial eléctrico, 64-65
- Diferencial, perfecta, A.23
- Dioptrías, 375
- Dipolo, eléctrico, 117
campo eléctrico de, 15, 15
en campo eléctrico, energía potencial de, 112, 113
en un campo eléctrico externo, 112, 112-113
energía potencial de un, 112-113, 117
líneas de campo eléctrico para un, 20, 20
momento de torsión sobre un, 112, 112, 117
potencial eléctrico de, 72, 72-73
- Disco, cargado uniformemente, campo eléctrico de, 18, 18-19
- Distancia de la imagen, 352
- Distancia del objeto, 351-352, 352
- Distancia focal, 356
de dos lentes delgadas de contacto, 368
- Ecuación de circuito de Kirchhoff, 296
- Ecuación del espejo, 356, 381
- Ecuación del fabricante de lentes, 364
- Ecuación(es), análisis de,
cuadrática, A.11-A.13
de espejo, 356, 381
de Maxwell, 260, 277-279
del circuito de Kirchhoff, 296
del fabricante de lentes, 363
de una elipse, A.15
de una hipérbola rectangular, A.16
de una línea recta, A.15
de una parábola, A.16
de un círculo, A.15
factorización de, A.11
lineales, A.12-A.13
para lentes delgadas, 364, 381
- Ecuaciones analíticas, A.11-A.12
- Ecuaciones de Maxwell, 260, 277-279
- Ecuaciones lineales, A.12-A.13
- Efecto fotoeléctrico, 322, 323
- Efecto Hall, 206, 206-208
cuántico, 208
para el cobre, 208
- Efecto Meissner, 243
- Einstein, Albert, 277, 320, 322
- Electricidad, y magnetismo, 1-317
magnetismo y, 188
modelo de Franklin, 4
- Eléctrico, "raíz" de la palabra, 1
- Electrodos huecos en forma de D, 204, 205
- Electrografía, 109
- Electroimán, 188
corriente parásita y, 274-275
- Electromagnetismo, 2
leyes de, 259, 260
- Electrón acelerado, 23
- Electrón(es), acelerado(s), 23
carga del, 9, 25
y masa de, 9t
choque de, en cobre, 140
conducción de, 138
giro del, 237, 237-238
libre(s), 9, 9n
- medición de la razón e/m para, 204, 204
- momentos magnéticos del, 237, 237-238
- propiedades de onda del, 140
- proyección de, dentro de un campo eléctrico uniforme, 22, 22-24
- Electrones de conducción, 138
- Electrón volt, 65
- Electrostática, aplicaciones de, 81, 81-83, 82, 83, 84
- Elementos, tabla periódica de los, A.26-A.27
- Elipse, ecuación de la, A.15
- Energía y automóvil,
conservación de, 153, 175
- cinética, 205, 302
- cuantizada, 322
- de fotones, 322, 323
- eléctrica y potencia, 141-144
suministrada a un resistor, 141, 145
- en un inductor, 300
- factores de conversión para, A.2
- pérdida en un resistor, 169
- potencial, 64, 302
cambio en, 64, 84
debida a cargas puntuales, potencial eléctrico y, 68, 68-70, 69
de dos cargas puntuales, 69, 85
del dipolo eléctrico, 112-113, 117
en un campo eléctrico, 112, 113
- transferencia de, en un circuito *LC*, 302, 303
- Equilibrio electrostático, conductores en, 48-50, 49, 53
- Esfera(s), carga sobre una, 11, 11-12
- capa esférica interna, 50, 50
- cargada uniformemente, de potencial eléctrico, 76, 76
- dos, cargadas conectadas, 79, 79
- Espacio libre, ondas electromagnéticas en, ecuaciones de onda para, permeabilidad del, 220, 245
permitividad del, 8-9
- Espectrómetro de masas, 203, 203-204
de Bainbridge, 203, 203
- Espectrómetro, rejilla de difracción, de masas, 203, 203-204
- Espectroscopio de prisma, 333, 333
- Espejo(s), cóncavo, 354, 354-356, 355, 356, 359-360
convención de signos para, 357t
convexo, 357, 357, 360
de agua, 112, 112-113
diagramas de rayo para, 357-359, 358
divergente, 357
dos, imágenes múltiples formadas por, 353, 353
esférico, imágenes formadas por, 354, 354-360, 355
no polares, 114
plano, imágenes formadas por, 351-354
polares, 113-114
retrovisor, inclinación, 353-354, 354
simétricas, polarización y, 113, 113
- Espín, 220, 237
momento angular, 237
- Esterradián, 51
- Experimento de Faraday, 260-262, 261

- Experimento de la gota de aceite de Millikan, 80, 80n, 80-81
- Experimento del cubo de hielo de Faraday, 51n
- Exponentes, reglas de, A.11
- Factores de conversión, A.1-A.2
- Farad, 98, 116
- Faraday, Michel, 1, 98, 208, 259, 264
- fem, 142, 153-155, 174
- autoinducida, 294, 294, 301, 308
 - inducción de, en una bobina, 264
 - inducida, 259, 262, 263
 - en un generador, 274
 - en una barra giratoria, 267, 267-268
 - y campos eléctricos, 271, 271-273
 - inversa, 275
 - por movimiento, 265, 265-268, 279
- Ferromagnetismo, 236, 239-242
- Fibras ópticas, 349, 349
- Fizeau, Armand H.L., 324
- Flujo, eléctrico, 39-42, 40, 41, 41n, 52
- a través de un cubo, 40-42, 42
 - neto, a través de una superficie cerrada, 43, 44
 - expulsión de, 43
 - magnético, 232, 232-233, 233, 246
 - unidad de, 232
- Flujo eléctrico, 39-42, 40, 41, 41n, 52
- a través de un cubo, 41-42, 42
 - neto, a través de una superficie cerrada, 43, 44
- Flujo magnético, 232, 232-233, 233, 246
- a través de una espira rectangular, 234, 234
- Foco, costo de operación, 143
- de tres vías, operación de, 159-160, 160
 - valor eléctrico nominal, 143
- Forma vectorial, 9
- de magnetización, 238
 - ley de la adición de Poynting, 195
- Fotón(es), 322
- energía de, 322, 323
- Foucault, Jean, 322
- Franklin, Benjamín, 4
- modelo de la electricidad de, 4
- Frecuencia de ciclotrón, 199
- Frecuencia(s), angular(es), de ciclotrón, 199
- de una partícula cargada girando, 199, 209
- Fresnel, Augustin, 322
- Fuerza de Lorentz, 202, 278
- Fuerza electromotriz, 142
- Fuerza(s), acción,
- aplicada, potencia entregada por, 267
 - factores de conversión para, A.1
- Galvanómetro, 170, 170, 171, 260, 261, 261-262
- Galvanómetro de D'Arsonval, 170, 170
- Gas de electrones, 138
- Gauss, Karl Friedrich, 42
- Gauss (unidad), 192
- Generador(es), corriente alterna, 273, 273
- accionado por agua, 293
 - capacitancia y, 116t
 - Van de Graaff, 63, 81, 81-82
 - y motores, 273-276
 - corriente directa, 274-275, 275
 - fem inducida en, 274
- Generador Van de Graaff, 63, 81, 81-82
- Geometría, A.14-A.16
- Gilbert, William, 1-188
- Grimaldi, Francesco, 322
- Guitarra eléctrica, 263, 263-264
- Hall, Edwin, 206
- Haz de electrones, desviación de, 200, 200
- corriente en, 143, 143-144
- Henry, Joseph, 1, 188, 259, 260
- Henry (unidad), 294, 301
- Hertz, Heinrich, 2, 278-279
- Hipérbola rectangular, ecuación de, A.16
- Hipermetropía, 374-375, 375
- Hiperopia, 373-374, 374
- Histéresis magnética, 241
- Huygens, Christian, 320, 322, 323-324, 334, 335
- Ilusión óptica, de un profesor que levita, 353, 353
- Imagen(es), punto focal, 365
- de lentes, localización de, 363, 363
 - formación de, 352
 - formada por espejos esféricos, 354, 354-360, 355
 - formada por espejos planos, 351-354, 352
 - formada por lentes convergentes, 367
 - formada por lentes divergentes, 367
 - formada por refracción, 360, 360-363
 - real, 352
 - virtual, 352
- Imágenes de resonancia magnética, 231
- Imán, permanente, y superconductor, 243
- Inducción electromagnética, 261
- Ley de. Véase, Ley de Faraday
- Inducción, objeto metálico cargado por, 6, 6
- electromagnética, 261
 - ley de Faraday de, 259, 260-263, 272, 278, 279
 - mutua, 293, 301
- Inductancia, 293-317
- de bobinas, 294, 308
 - de solenoide, 295, 308
 - definición de, 294
 - mutua, 301, 301-302
 - de dos solenoides, 301-302, 302
 - definición de, 301
 - y fem, cálculo de, 295
- Inductor(es), 293, 295
- energía en, 300
- Instrumentos eléctricos, 169-173
- Integración parcial, A.22-A.23
- Integral(es), definida, A.21-A.22
- de línea, 64
 - de trayectoria, 64
 - probabilidad de Gauss, A.25
- Integral de línea, 64
- Integral de probabilidad de Gauss, A.25
- Integral de trayectoria, 64
- Integral indefinida, A.21, A.23-A.24
- Integral parcial, A.22-A.23
- Interruptor(es) de falla a tierra, 174, 263, 263
- Iones, momentos magnéticos de, 238t
- Jewett, Frank Baldwin, 204
- Kamerlingh-Onnes, Heike, 137
- Lawrence, E. O., 204
- Lazo de conducción, 262, 262
- modelo eléctrico para la, 138-140. Véase Conducción eléctrica
- Lazos de histéresis, 241, 241-242, 242
- Lente(s), aberraciones, 369, 369-371, 370
- bajo el agua, 368
 - bicóncavo, 365, 365
 - biconvexo, 364, 364, 365
 - convergente, 381
 - imagen final de, 369, 369
 - imagen formada por, 367
 - del ojo, 372
 - delgada, 363-369, 365
 - combinación de, 368
 - convención de signos para, 365, 365t
 - diagramas de rayos para, 366, 366-367
 - dos en contacto, longitud focal de, 368
 - ecuación para, 364, 381
 - formas de, 365, 366
 - divergente, 381
 - imagen formada por, 367
 - imagen de, localización de, 363, 363
 - número f de, 371-372
 - potencia de, 375
- Lentes de contacto, 376n
- Lenz, Heinrich, 268
- Ley de Ampère, 219, 225-229, 230, 231, 245
- corriente de desplazamiento y, 234-236, 235, 246
 - generalizada, 278
- Ley de Ampère-Maxwell, 235, 235, 235n, 278, 279
- Ley de Biot-Savart, 219, 220-224, 221, 245
- Ley de circuitos de Kirchhoff, 297-298
- Ley de Coulomb, 3, 7-12, 9t, 16, 20, 25, 42-43, 221
- prueba experimental de, 51, 51
- Ley de Coulomb de la. Véase Ley de Coulomb
- Ley de Curie, 242
- Ley de Descartes, 326n
- Ley de Faraday, 259-292, 294, 301, 308
- aplicaciones de la, 263-264
- Ley de fuerza de Lorentz, 279
- Ley de Gauss, 42, 42-44, 49, 50, 278
- aplicación de, 53-54
 - en aisladores cargados, 45-48
 - cálculo de campo eléctrico usando la, 52t
 - deducción de, 51-52, 52
 - en magnetismo, 233-234, 234, 246, 278
 - prueba experimental de, 51, 51
- Ley de Lenz, 262, 295n, 268-271, 269, 279, 294
- aplicación de, 270, 270
- Ley de Ohm, 130-131, 131n, 139, 144, 157
- resistencia y, 130-135

- Ley de Snell, 327, 327n, 330, 331, 337, 338, 340, 341, 361
- Ley(es), Ampère-Maxwell, 235, 235, 235n, 278, 279
- Biot-Savart, 219, 222-224, 221, 245
- de adición de vectores, 195
- de Ampère, 219, 225-229, 230, 231, 245
- forma generalizada de, 278
- de circuito de Kirchhoff, 297-298
- de Curie, 242
- de Descartes, 327n
- de Gauss. Véase Ley de Gauss
- de inducción electromagnética. Véase Ley de Faraday
- de la fuerza de Lorentz, 279
- del electromagnetismo, 259, 260
- de Lenz, 262, 268n, 268-271, 269, 279, 294
- aplicación de, 270, 270
- de Ohm, 130-131, 131n, 139, 144, 157
- resistencia y, 130-135
- de reflexión, 325, 326, 341
- Leyes de movimiento de Newton, segunda, 199
- tercera, 224, 224n
- Limpiaparabrisas, intermitentes, 167
- Línea recta, ecuación de, A.15
- Livigston, M.S., 204
- Logaritmo(s), A.14
- actual, 166
- Longitud(es), factores de conversión para, A.1
- focal, de espejo, 356, 381
- de dos lentes delgadas en contacto, 368
- Longitud(es) de onda, capacidad de visión de una onda y, 378-379
- Luces del norte, 187, 201-202
- Luz. Véase también Onda(s), luz
- dispersión de, y prismas, 331-334
- espectro de, 332-333, 333
- naturaleza de, 321-323
- naturaleza dual de, 323
- naturaleza y propiedades de, 319-320
- pasando por una placa, 331, 331
- reflexión de, 325-326
- refracción de, 327, 327-331, 328
- velocidad de, en el vacío, 328n, 328-329, 341
- en sílice, 331
- mediciones de, 323-324
- visible, 190
- y óptica, 319-389
- Magnetismo, electricidad y, 1-317
- conocimiento de, historia del, 1
- en materia, 236-243
- inducción de, 188
- ley de Gauss en, 233-234, 234, 246, 278
- Magnetita, 1, 187
- Magnetización, e intensidad de campo magnético, 238-239
- saturación, 243
- Magnetón de Bohr, 238
- Maricourt, Pierre, 187
- Masa(s) atómica(s), densidad, tabla de, A.4-A.7
- factores de conversión para, A.1
- Materia, bloques constitutivos de la, magnetismo en, 236-242
- Materiales no óhmicos, 131, 133, 133
- Materiales óhmicos, 130-131, 133, 133
- Maxwell, James Clerk, 1-2, 188, 277, 320
- Medición en radianes, A.15
- Medidor de deformación, 172
- Metales, átomos de, 9n
- como conductores, 6
- resistividad contra temperatura en, 135, 136
- Método de Roemer para medir la velocidad de la luz, 323, 323-324
- Microscopio, compuesto, 377-379, 378
- de ion de campo, 83, 83, 84
- Michell, John, 188
- Millikan, Robert A., 5, 80
- Miopía, 374, 375, 375-376
- Molécula(s), agua, 112, 112-113
- no polares, 114
- polares, 113-114
- simétricas, polarización, 113, 113
- Momento angular, 237
- Momento de torsión, definición de, 197-198, 209
- sobre una espira de corriente, en un campo magnético uniforme, 196, 196-198, 197
- Momento dipolar, eléctrico, 112, 117
- Momento(s), angular(es), cuantizado, 237
- magnético. Véase Momento(s) magnético(s)
- Momento(s) magnético(s), de átomos, 236-238, 237, 238t
- de electrones, 237, 237-238
- de iones, 238t
- de una bobina, 198
- de una espira de corriente, 197, 209
- orbital, 237, 237
- unidades del SI, de, 197
- Momento, y presión de radiación, angular, espín, 237
- Morley, Edward W., de partículas cargadas, corriente eléctrica y, 128, 128
- en campo eléctrico uniforme, 21-23, 26
- en un campo magnético, 189-190, 191, 198-202, 199, 209
- aplicaciones de, 202-205
- de un portador de carga, en un conductor, 129, 129, 138, 138
- en un campo eléctrico, 138-139, 139
- de un protón en un campo eléctrico uniforme, 67-68, 68
- Motor(es), y generadores, 273-276
- corriente inducida en, 276
- definición de, 275
- Movimiento de escalares, de un portador de carga, en un conductor, 129, 129, 138, 138
- en un campo eléctrico, 138-139, 139
- de partículas cargadas, corriente eléctrica y, 128, 128
- en un campo magnético, 189-190, 191, 198-202, 199, 209
- aplicaciones de, 202-205
- en campo eléctrico uniforme, 21-23, 26
- de un protón en un campo eléctrico uniforme, 67-68, 68
- Mueller, E.W., 83
- Müller, K. Alex, 137
- Neutrón(es), carga y masa de, 9t
- Newton, Isaac, 319, 321, 335, 381
- Notación, científica, A.8-A.9
- Número de orden para franjas, en un circuito LC, 302-306
- Oersted, Hans Christian, 1, 188, 220, 225
- Ohm, Georg Simon, 130, 160
- Ohm (unidad), 131
- Ojo(s), adaptación del, 373
- condiciones de, 373
- enfoque del, 373
- partes de, 372-373, 373
- Ondas secundarias, 334, 336
- Óptica, fibra, 339, 339
- geométrica, 351-389
- aproximación de rayos en, 324, 324-325, 340
- luz y, 319-389
- Oscilación(es), amortiguada, en un circuito LC, 302-306
- Osciloscopio, 23-25, 25
- tubo de rayos catódicos de, 23, 24, 24
- Oxígeno, campo magnético y, 219
- Parábola, ecuación de, A.16
- Paramagnetismo, 236, 239, 242
- Paredes de dominio, 240, 240
- Partícula(s), movimiento de, corriente eléctrica y, 128, 128
- en un campo magnético, 189-190, 191, 198-202, 199, 209
- aplicaciones de, 202-205
- en un campo eléctrico uniforme, 21-23, 26
- rotando, frecuencia angular de, 199, 209
- Permeabilidad magnética, 239
- de espacio libre, 220, 245
- Permitividad del espacio libre, 8-9
- Pierce, John R., 278, 278n
- Planck, Max, 320, 322
- Polarización, 6
- inducida, 113
- Polos magnéticos, 187, 188
- Portador de carga, 128
- en campo eléctrico, movimiento de, 128-129, 129
- en conductores, movimiento de, 128, 128
- movimiento de, en conductores, 129, 129
- Potencia, de lentes, 375
- en álgebra, A.10-A.11
- en un calefactor eléctrico, 142
- energía eléctrica y, 141-144, 145
- entregada por una fuerza aplicada, 267
- perdida en un conductor, 141-142, 145
- y resistencia de carga, 155, 155

- Potencial, debido a dos cargas puntuales, 70, 70
 eléctrico, 63-96
 cálculo de, 86
 de dipolo, 72, 72-73
 de dos cargas puntuales, 69, 69n, 69-70
 de línea finita de carga, 75, 75
 de un disco cargado uniformemente, 75, 75
 de una carga puntual, 69
 de varias cargas puntuales, 69, 69
 debido a distribuciones continuas de carga, 73-76, 74, 85, 85t
 debido a un anillo cargado uniformemente, 74, 74
 diferencia de potencial y, 64-65
 obtención de campos eléctricos a partir de, 71, 71-73
 y energía potencial debida a cargas puntuales, 68, 68-70, 69
 unidades del SI de, 65
- Potenciómetro, 172, 172
 de alambre deslizable, 172, 172-173
- Plantillas, hojas de cálculo de computadora y, A.29
- Precipitador electrostático, 82, 82
- Presión, factores de conversión para, A.2
- Principio de Fermat, 340, 340, 340n, 341
- Principio de Huygens, 334-337, 335, 341
 aplicado a la reflexión y a la refracción, 336, 336-337, 337
- Principio de superposición, 9-10, 13, 26
- Prisma(s) y reflexión interna total, 338, 338-339
 dispersión de la luz y, 331-334
 medición del índice de refracción usando, 334, 334
- Problemas en hojas de cálculo, A.29-A.31
- Profundidad, aparente, y profundidad real, 363, 363
- Protón(es), 9, 25
 carga del, 9, 25
 y masa de, 9t
 fuerzas eléctricas sobre el, 14
 moviéndose en un campo magnético, 192, 192
 moviéndose perpendicular a un campo magnético uniforme, 199
 movimiento del, en un campo eléctrico uniforme, 67-68, 68
- Puente de Wheatstone, 171, 171
- Punto cercano del ojo, 373
- Punto focal, 356
 de Coulomb. Véase Ley de Coulomb
 de Lorentz, 202, 278
 eléctrica, 3, 5, 7, 9, 9-10, 25-26
 sobre un protón, 14
 y magnética, 191
 electromotriz, 142
 imagen, 365
 magnética, y eléctrica, 290
 dirección de, 190, 190, 191, 191, 208
 entre dos conductores paralelos, 224, 224-225
 magnitud de, 191, 209
 medida de, 63
 perpendicular, 191
- sobre un conductor que conduce corriente, 192-196, 193
 sobre un segmento de corriente, 229, 229
 sobre una barra deslizante, 268, 268
- objeto, 365
- relativista,
 cero, 10, 10-11
 localización de, 10, 10
 sobre un campo magnético uniforme, 193, 209
 sobre un conductor semicircular, 195, 195-196
- Quarks, 9n
 libres, 9n
- Rayo luminoso, doblemente reflejado, 326, 326
- Rayos cósmicos, 200-202
- Rayos gama, de electrones, 138
- Rayos paraxiales, 354, 355, 381
- Reflexión, 321
 de la luz, 325-326
 difusa, 325, 326
 especular, 325, 326
 interna total, 337, 337-339, 338, 339, 341
 ley de, 325, 326, 341
 principio de Huygens aplicado a, 336, 336-337
 y refracción, 325-331
- Refracción, ángulo de, para vidrio, 330, 330
 imágenes formadas mediante, 360, 360-363
 índice de, 328-330, 329t, 330, 331, 332, 341
 medida de, 330, 334, 334
 y ángulo crítico, 339, 339
 principio de Huygens aplicado a, 336-337, 337
 reflexión, 325, 331
- Regla de circuito, 161
- Regla de la mano derecha, 197, 197
- Regla de la unión, de Kirchhoff, 160, 161, 161
- Regla(s) de Kirchhoff, 153, 160-164, 161, 175
 aplicación de, 163, 163
 primera, 172, 175
 segunda, 164, 167, 172, 175
- Relaciones de fase en,
 con dieléctricos, 107, 107-112
 dos cargados, realambrado de, 106-107, 107
 esférico, 101, 101
 tipos de, 109-112, 110, 111
 tubular, 109, 110
- Repaso de matemáticas, A.8-A.25
- Requerimientos de software para hojas de cálculo, A.29-A.30
- Resistencia de carga, 154
 potencia y, 155, 155
 resistencia y, 130-135
- Resistencia(s), 133
 código de colores para, 133, 133, 133t
 dieléctrica(s), 108t, 109
 en derivación, 170, 171
 en paralelo, 156-160, 157, 174
 en serie, 155-156, 156, 174
 energía eléctrica suministrada a, 141, 145
- energía perdida en, 169
 tres, en paralelo, 158, 158-159
- Resistencia, y ley de Ohm, 130-135
 corriente y, 127-151
 de alambre de nicromio, 134
 de cable coaxial, 135, 135
 de carga, 154
 potencia y, 155, 155
 de conductores uniformes, 132
 de conductores, 131, 134, 145
 definición de, 131, 144
 equivalente, 156, 158, 158, 174
 determinación de la, por argumentos de simetría, 159, 159
 unidad del SI de, 145
 y temperatura, 135-137
- Resistividad contra temperatura para, 136, 136-137
- Resistividad(es), 131, 132, 139, 149
 coeficiente de temperatura de, 135-136
 conductividad y, 139, 145
 de diversos materiales, 132t
 temperatura contra, 132, 132
- Resistor en derivación, 170, 171
- Roemer, Ole, 323
- Romognosi, Gian Dominico, 188n
- Rompimiento de simetría, crítica, 137
- Savart, Félix, 220
- Seguridad eléctrica, 174
- Selector de velocidades, 202-203, 205
- Semiconductor(es), 6
- Snell, Willebrord, 327
- Solenoide(s), eje de campo magnético a lo largo de, 231, 231-232, 232
 campo magnético de, 230, 230-231, 245, 299
 campos eléctricos debidos a, 272, 272-273
 dos, inductancia mutua de, 301-303, 303
 ideal, 230, 230
 inductancia de, 295, 308
- Superconductor(es), 137-138, 243
 gráfica de resistencia-temperatura para, 137, 137
 temperaturas críticas para, 137, 137t
- Superficie gaussianas, 42, 49-50, 50
- Superficie(s) equipotencial(es), 66-67, 71, 71, 84
 conductor cargado en equilibrio y, 77
- Superficies refractantes, planas, 362, 362
 convención de signos para, 360, 361t, 361-362
- Susceptibilidad(es) magnética(s), 239, 239t
- Sustancias magnéticas, clasificación de, 239-240
- Tabla periódica de los elementos, A.26-A.27
- Técnica de Fizeau para medir la velocidad de la luz, 324, 324
- Telescopio(s), 379-381
 reflectores, 379, 380, 380-381
 refractores, 379, 379
- Temperatura,
 coeficiente de resistividad, 135-136
 crítica, 137
 para un superconductor, 137, 137t
 de Curie, 242, 242, 242t

- resistencia y, 135-137
 resistividad contra, 136, 136
 Temperatura de Curie, 242, 242, 242t
 Teorema de Pitágoras, A.16
 Teoría de la luz de Newton, 321-322
 Termistor, 137
 Termómetro(s),
 de resistencia de platino, 136
 Termómetro de resistencia de platino, 136
 Tesla (unidad), 192, 209
 Thomson, J.J., 204, 204
 Tiempo, factores de conversión para el, A.1
 Tierra, campo(s) magnético(s) de, 243-245, 244
 Toroides, núcleo de hierro, 240
 campo magnético creado por, 228, 228, 245
 intensidad de campo magnético en el núcleo de un, 238
 Trabajo, factores de conversión para, A.2
 Trigonometría, A.16-A.18
 Tubo de rayos catódicos (TRC), 23-24, 24
 Unidad de masa atómica, del hidrógeno, 11
 metálico, 19n
- momentos magnéticos de, 236-238, 237, 238t
 Unidades de flujo, sistema *grs*, de, 232
 Unidad(es) del SI,
 básicas, A.28
 de campo eléctrico, 65
 de campo magnético, 192
 de capacitancia, 98, 131, 144
 de corriente, 98, 131, 144
 de inductancia, 294
 de momento magnético, 197
 de potencia, 65
 de resistencia, 145
 derivadas, A.28
 Unidades, sistema *grs* de, cantidades físicas, A.2-A.3
 Unión, en un circuito, 156-157
- Vacio, velocidad de la luz en el, 328n, 328-329, 341
 Van Allen, James, 200
 Van de Graaff, Robert J., 81
 Vector de magnetización, 238
 Velocidad angular, y aceleración angular, promedio de derivada, 129, 139, 139n, 145
 Young, Thomas, 320, 322
- Velocidad de arrastre, 129, 139, 139n, 145
 en alambre de cobre, 129-130
 Velocidad(es)
 de arrastre, 129, 139, 139n, 145
 de alambre de cobre, 129-130
 de luz, 332-333, 333
 factores de conversión para, A.1
 Volt, definición de, 65
 electrón volt, 65
 Voltaje de circuito abierto, 154, 154
 Voltaje de inducción, 154, 154n
 Voltaje, Hall, 207
 de circuito abierto, 154, 154
 terminal, 154, 154n
 de batería, 155
 Voltmetro, 108, 169, 169
 Von Klitzing, Klaus, 208
- Weber por metro cuadrado, 192, 209
 Weber (unidad), 232
 Xerografía, 82, 83