

## CONTENIDO

### 26 Carga y materia 953

26-1	Electromagnetismo—Esbozo histórico	953	26 Cargas y materiales
26-2	Carga eléctrica	955	26-1 Cargas y materiales
26-3	Conductores y aisladores	956	26-2 Cargas y materiales
26-4	Ley de Coulomb	957	26-3 Cargas y materiales
26-5	La carga está cuantizada	962	26-4 Ley de Coulomb—Cargas y materiales
26-6	Carga y materia	965	26-5 Ley de Coulomb—Cargas y materiales
26-7	La carga se conserva	969	26-6 Ley de Coulomb—Cargas y materiales

### 27 El campo eléctrico 973

27-1	El campo eléctrico	973	27 El campo eléctrico
27-2	La intensidad del campo eléctrico $E$	975	27-1 El campo eléctrico
27-3	Líneas de fuerza	976	27-2 El campo eléctrico
27-4	Cálculo de $E$	982	27-3 El campo eléctrico
27-5	Una carga punto en un campo eléctrico	988	27-4 El campo eléctrico
27-6	Un dipolo en un campo eléctrico	991	27-5 El campo eléctrico

### 28 Ley de Gauss 1001

28-1	Flujo del campo eléctrico	1001	28 El campo magnético
28-2	Ley de Gauss	1005	28-1 El campo magnético
28-3	La ley de Gauss y la ley de Coulomb	1006	28-2 El campo magnético
28-4	Un conductor aislado	1008	28-3 El campo magnético
28-5	Demostración experimental de las leyes de Gauss y de Coulomb	1009	28-4 El campo magnético
28-6	Ley de Gauss—Algunas aplicaciones	1012	28-5 El campo magnético
28-7	El modelo nuclear del átomo	1018	28-6 El campo magnético

**29 Potencial eléctrico 1029**

- 29-1 Potencial eléctrico 1029
- 29-2 Potencial e intensidad de campo 1034
- 29-3 Potencial debido a una carga punto 1037
- 29-4 Un grupo de cargas punto 1040
- 29-5 Potencial debido a un dipolo 1042
- 29-6 Energía potencial eléctrica 1046
- 29-7 Cálculo de  $E$  a partir de  $V$  1048
- 29-8 Un conductor aislado 1055
- 29-9 El generador electrostático 1058

**30 Condensadores y dieléctricos 1069**

- 30-1 Capacitancia 1069
- 30-2 Cálculo de la capacitancia 1074
- 30-3 Condensador de placas paralelas con dieléctrico 1078
- 30-4 Dieléctricos—Comportamiento de los átomos 1080
- 30-5 Los dieléctricos y la ley de Gauss 1084
- 30-6 Tres vectores eléctricos 1087
- 30-7 Almacenamiento de energía en un campo eléctrico 1092

**31 Corriente y resistencia 1105**

- 31-1 Cortiente y densidad de corriente 1105
- 31-2 Resistencia, resistividad y conductividad 1110
- 31-3 Ley de Ohm 1115
- 31-4 Resistividad—Comportamiento de los átomos 1118
- 31-5 Intercambios de energía en un circuito eléctrico 1122

**32 Fuerza electromotriz y circuitos 1129**

- 32-1 Fuerza electromotriz 1129
- 32-2 Cálculo de la corriente 1133
- 32-3 Otros circuitos simples 1135
- 32-4 Diferencias de potencial 1137
- 32-5 Redes eléctricas 1140
- 32-6 Medición de corrientes y de diferencias de potencial 1143
- 32-7 El potenciómetro 1145
- 32-8 Circuitos  $RC$  1146

**33 El campo magnético 1161**

- 33-1 El campo magnético 1161 ✓
- 33-2 Definición de  $B$  1163
- 33-3 Fuerza magnética sobre una corriente 1167
- 33-4 Momento sobre una espira con corriente 1172
- 33-5 El efecto Hall 1177 ✓
- 33-6 Cargas aisladas en movimiento 1180 ✓

- 33-7 El ciclotrón 1182 ✓  
 33-8 Experimento de Thomson 1186

### 34 Ley de Ampère 1199

- 34-1 Ley de Ampère 1199 ✓  
 34-2 B cerca de un alambre largo 1204  
 34-3 Líneas de inducción magnética 1207  
 34-4 Dos conductores paralelos 1209  
 34-5 B para un solenoide 1213  
 34-6 La ley de Biot-Savart 1217

### 35 Ley de Faraday 1231

- 35-1 Experimentos de Faraday 1231  
 35-2 La ley de la inducción de Faraday 1233 ✓  
 35-3 Ley de Lenz 1234  
 35-4 Inducción—Estudio cuantitativo 1237  
 35-5 Campos magnéticos variables con el tiempo 1244  
 35-6 El betatrón 1248  
 35-7 Inducción y movimiento relativo 1253

### 36 Inductancia 1269

- 36-1 Inductancia 1269  
 36-2 Cálculo de la inductancia 1271  
 36-3 Un circuito  $LR$  1273  
 36-4 Energía y el campo magnético 1279  
 36-5 Densidad de energía y el campo magnético 1283

### 37 Propiedades magnéticas de la materia 1289

- 37-1 Polos y dipolos 1289  
 37-2 Ley de Gauss para el magnetismo 1293 ✓  
 37-3 Paramagnetismo 1295  
 37-4 Diamagnetismo 1299  
 37-5 Ferromagnetismo 1302  
 37-6 Magnetismo nuclear 1308  
 37-7 Tres vectores magnéticos 1312

### 38 Oscilaciones electromagnéticas 1323

- 38-1 Oscilaciones  $LC$  1323  
 38-2 Analogía con el movimiento armónico simple 1327  
 38-3 Oscilaciones electromagnéticas—Fórmulas 1328  
 38-4 Oscilaciones forzadas y resonancia 1333  
 38-5 Elementos separados y elementos repartidos 1336  
 38-6 Oscilador de cavidad electromagnética 1338  
 38-7 Campos magnéticos inducidos 1342

38-8	Corriente de desplazamiento	1346	38-9	Ecuaciones de Maxwell	1347	38-10	Ecuaciones de Maxwell y oscilaciones de las cavidades	1348
<b>39 Ondas electromagnéticas 1359</b>								
39-1	Líneas de transmisión	1359	39-2	Cable coaxial—Campos y corrientes	1362	39-3	Guía de onda	1367
39-4	Radiación	1369	39-5	Ondas viajeras y las ecuaciones de Maxwell	1372	39-6	El vector de Poynting	1378
<b>40 Naturaleza y propagación de la luz 1387</b>								
40-1	La luz y el espectro electromagnético	1387	40-2	Energía y cantidad de movimiento	1389	40-3	La velocidad de la luz	1394
40-4	Fuentes y observadores en movimiento	1400	40-5	Efecto Doppler	1403			
<b>41 Reflexión y refracción—Ondas planas y superficies planas 1413</b>								
41-1	Reflexión y refracción	1413	41-2	Principio de Huygens	1419	41-3	El principio de Huygens y la ley de la reflexión	1421
41-4	El principio de Huygens y la ley de la refracción	1423	41-5	Reflexión total interna	1426	41-6	Principio de Fermat	1432
<b>42. Reflexión y refracción—Ondas esféricas y superficies esféricas 1441</b>								
42-1	Optica geométrica y óptica ondulatoria	1449	42-2	Ondas esféricas—Espejo plano	1444	42-3	Ondas esféricas—Espejo esférico	1450
42-4	Superficie esférica refractora	1458	42-5	Lentes delgadas	1463			
<b>43 Interferencias 1481</b>								
43-1	Experimento de Young	1481	43-2	Coherencia	1488	43-3	Intensidad en el experimento de Young	1493
43-4	Suma de perturbaciones ondulatorias	1496	43-5	Interferencias en películas delgadas	1499	43-6	Cambios de fase por reflexión	1506

43-7	Interferómetro de Michelson	1508	43-8	El interferómetro de Michelson y la propagación de la luz	1511
<b>44</b>	<b>Difracción</b>	<b>1519</b>	INTERFERENCIAS Y AMPLIFICACIÓN		
44-1	Introducción	1519	44-2	Abertura única	1573
44-3	Abertura única—Análisis cualitativo	1527	44-4	Abertura única—Cuantitativa	1530
44-5	Difracción en una abertura circular	1534	44-6	Doble abertura	1538
			APÉNDICES		
<b>45</b>	<b>Redes y espectros</b>	<b>1549</b>	45-1	Introducción	1549
45-2	Aberturas múltiples	1550	45-3	Redes de difracción	1555
45-4	Poder separador de una red	1560	45-5	Difracción de Rayos X	1563
45-6	Ley de Bragg	1570			
<b>46</b>	<b>Polarización</b>	<b>1579</b>	46-1	Polarización	1579
46-2	Láminas polarizadoras	1583	46-3	Polarización por reflexión	1587
46-4	Doble refracción	1589	46-5	Polarización circular	1599
46-6	Cantidad de movimiento angular de la luz	1603	46-7	Dispersión de la luz	1604
46-8	Doble dispersión	1606			
<b>47</b>	<b>Luz y física cuántica</b>	<b>1611</b>	47-1	Fuentes luminosas	1611
47-2	Radiadores de cavidad	1613	47-3	Fórmula de radiación de Planck	1616
47-4	Efecto fotoeléctrico	1619	47-5	Teoría de los fotones de Einstein	1623
47-6	Efecto Compton	1625	47-7	Espectros de líneas	1630
47-8	El átomo de hidrógeno	1633	47-9	El principio de correspondencia	1638
<b>48.</b>	<b>Ondas y partículas</b>	<b>1645</b>			
48-1	Ondas de materia	1645	48-2	Estructura atómica y ondas estacionarias	1649
48-3	Mecánica ondulatoria	1650			

- 48-4 Significado de  $\Psi$  1654  
 48-5 El principio de incertidumbre 1657

### TEMA SUPLEMENTARIO 1165

- V Forma diferencial de las ecuaciones de Maxwell  
 y la ecuación de la onda electromagnética 1165

### PROBLEMAS SUPLEMENTARIOS 1673

### APENDICES 1701

- A Definición de patrones y constantes físicas fundamentales y derivadas 1701  
 B Datos terrestres diversos 1711  
 C El sistema solar 1706  
 D Tabla periódica de los elementos 1708  
 E Las partículas de la física 1709  
 F Símbolos, dimensiones y unidades de cantidades físicas 1711  
 G Factores de conversión 1713  
 H Símbolos matemáticos y el alfabeto griego 1721  
 I Fórmulas matemáticas 1722  
 J Valores de las funciones trigonométricas 1726  
 K Laureados de premio Nobel en física 1728  
 L El sistema gaussiano de unidades 1732

### RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS DE NUMERO IMPAR 1735

### RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS SUPLEMENTARIOS DE NUMERO IMPAR 1745

### INDICE 1749

- 43-1 Interferencia 1653 8801 Atenuación de difracción 17 8-13  
 43-1-1 Experimento de Young 1657 2381 Refracción y reflexión 28  
 43-1-2 Coherencia 1658 2381 Coloración 28  
 43-3 Interferencia en el experimento de Young 1657 2381 Coloración 28  
 43-4 Color de la lámpara 1657 2381 Coloración 28  
 43-5 Interferencia en películas 1657 2381 Coloración 28  
 43-6 Condensador para interferencia 1657