

# Índice analítico

<b>CAPÍTULO</b>	<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
	1-1	Modelos mecánicos	2
	1-2	Matemáticas y física	4
	1-3	Cómo aprender física	4
	1-4	Unidades	5
	1-5	Conversión de unidades	8
	1-6	Dimensiones de las magnitudes físicas	9
	1-7	Repaso de trigonometría	10
	1-8	Desarrollo del binomio	15
		Revisión, ejercicios y problemas	16
<b>CAPÍTULO</b>	<b>2</b>	<b>Movimiento en una dimensión</b>	<b>21</b>
	2-1	Desplazamiento y velocidad media	22
	2-2	Velocidad instantánea	24
	2-3	Aceleración	29
	2-4	Obtención de $x(t)$ a partir de $v(t)$ : problema del valor inicial	32
	2-5	La función primitiva y la integración	34
	2-6	Movimiento con aceleración constante	37
	2-7	La diferencial	42
		Revisión, ejercicios y problemas	44
<b>CAPÍTULO</b>	<b>3</b>	<b>Movimiento en dos y tres dimensiones</b>	<b>55</b>
	3-1	El vector desplazamiento	56
	3-2	Componentes de un vector	57
	3-3	Propiedades de los vectores	61
	3-4	Vector velocidad	63
	3-5	Vector aceleración	66
	3-6	Movimiento con aceleración constante: movimiento de proyectiles	67
	3-7	Movimiento circular con módulo de velocidad constante	74
	3-8	Movimiento circular con velocidad de módulo variable	78
	3-9	Vectores unitarios radial y tangencial	79
		Revisión, ejercicios y problemas	81

<b>CAPÍTULO</b>	<b>4</b>	<b>Leyes de Newton 91</b>
	4-1	Fuerza 92
	4-2	Masa 96
	4-3	Segunda ley de Newton 98
	4-4	Peso 99
	4-5	Unidades de fuerza y de masa 101
	4-6	Tercera ley de Newton y conservación de la cantidad de movimiento 104
	4-7	Sistemas de referencia 108
		<b>Ensayo</b>
		<b>Isaac Newton (1642-1677) 114</b>
		Revisión, ejercicios y problemas 119
<b>CAPÍTULO</b>	<b>5</b>	<b>Aplicaciones de las leyes de Newton 127</b>
	5-1	Movimiento lineal con fuerzas constantes 127
	5-2	Movimiento circular 137
	5-3	Fuerzas ascensionales: Principio de Arquímedes 141
	5-4	Movimiento con fuerza retardadora proporcional a la velocidad 145
		Revisión, ejercicios y problemas 148
<b>CAPÍTULO</b>	<b>6</b>	<b>Las fuerzas de la naturaleza 161</b>
	6-1	Gravedad 161
	6-2	Fuerzas electromagnéticas 166
	6-3	Fuerzas nucleares 169
	6-4	Fuerzas moleculares 170
	6-5	Muelles y cuerdas 172
	6-6	Fuerzas de contacto y rozamiento 173
	6-7	Fuerzas ficticias 177
		<b>Ensayo</b>
		<b>Vientos del globo 181</b>
		Revisión, ejercicios y problemas 184
<b>CAPÍTULO</b>	<b>7</b>	<b>Trabajo y energía 193</b>
	7-1	Trabajo en una dimensión 194
	7-2	Trabajo realizado por la fuerza resultante 195
	7-3	El trabajo y la energía en tres dimensiones 199
	7-4	Energía potencial 204
	7-5	Trabajo y energía 205
		<b>Recursos energéticos 206</b>
	7-6	Potencia 209
	7-7	Producto escalar de dos vectores 210
	7-8	Prueba de la ley asociativa del producto escalar 213
		Revisión, ejercicios y problemas 213
<b>CAPÍTULO</b>	<b>8</b>	<b>Energía potencial y fuerzas conservativas 221</b>
	8-1	Fuerzas conservativas 221
	8-2	Conservación de la energía mecánica 224
	8-3	Fuerzas conservativas y energía potencial en una dimensión 224
	8-4	Fuerzas no conservativas en una dimensión 228
	8-5	Fuerzas conservativas y energía potencial en tres dimensiones 229
	8-6	La unidad energética electronvolt 235



	8-7	Fuerza derivada de la energía potencial	235
	8-8	Equilibrio y energía potencial en una dimensión	236
	8-9	Energía potencial de un sistema de partículas	238
	8-10	Tratamiento de las fuerzas conservativas en tres dimensiones	240
		Revisión, ejercicios y problemas	241
<b>CAPÍTULO</b>	<b>9</b>	<b>Conservación de la energía</b>	<b>251</b>
	9-1	Algunos ejemplos ilustrativos	254
	9-2	Velocidad de escape y energía de enlace	263
		<b>Ensayo</b>	
		<b>Evaporación atmosférica</b>	<b>269</b>
	9-3	Ecuación de Bernoulli	272
		Revisión, ejercicios y problemas	276
<b>CAPÍTULO</b>	<b>10</b>	<b>Sistemas de muchas partículas</b>	<b>285</b>
	10-1	Centro de masas	286
	10-2	Conservación de la cantidad de movimiento	292
	10-3	Sistema de referencia del centro de masas	294
	10-4	Energía cinética de un sistema de partículas	296
	10-5	Localización del centro de masa	298
	10-6	Empleo de la integración para hallar el centro de masas	301
		Revisión, ejercicios y problemas	303
<b>CAPÍTULO</b>	<b>11</b>	<b>Choques y reacciones</b>	<b>311</b>
	11-1	Impulso	311
	11-2	Promedio temporal de una fuerza	312
	11-3	Presión de un gas	315
	11-4	La aproximación del impulso	317
	11-5	Variaciones de energía durante los choques; sistema de referencia	318
	11-6	Choques perfectamente elásticos en una dimensión	319
	11-7	Choques elásticos en tres dimensiones	325
	11-8	Choques perfectamente inelásticos	327
	11-9	Umbral de reacción	329
	11-10	Coefficiente de restitución	331
		Revisión, ejercicios y problemas	334
<b>CAPÍTULO</b>	<b>12</b>	<b>Rotación de un cuerpo rígido alrededor de un eje fijo</b>	<b>343</b>
	12-1	Velocidad angular y aceleración angular	344
	12-2	La naturaleza vectorial de la rotación	348
	12-3	Energía cinética de rotación y momento de inercia	350
	12-4	Cálculo del momento de inercia	351
	12-5	Momento de una fuerza	357
	12-6	Equilibrio estático de un cuerpo rígido	362
		Revisión, ejercicios y problemas	364
<b>CAPÍTULO</b>	<b>13</b>	<b>Rotación en el espacio y momento angular cinético</b>	<b>373</b>
	13-1	Momento en forma de producto vectorial	373
	13-2	Momento cinético de una partícula	375
	13-3	Momento cinético correspondiente a un sistema de partículas	377
	13-4	Conservación del momento cinético	381



	13-5	Traslación y rotación	383
	13-6	Movimiento de un giróscopo	387
	13-7	Desequilibrio estático y dinámico	390
	13-8	Deducción de las relaciones correspondientes a los momentos de fuerzas exteriores y al momento cinético respecto al centro de masa	392
		Revisión, ejercicios y problemas	394
<b>CAPÍTULO</b>	<b>14</b>	<b>Oscilaciones</b>	<b>401</b>
	14-1	Movimiento armónico simple	401
	14-2	Movimiento circular y movimiento armónico simple	405
	14-3	Masa situada sobre un muelle	406
	14-4	Péndulo simple	410
	14-5	Péndulo físico	416
	14-6	Masa situada en un muelle vertical	417
	14-7	Movimiento general en las proximidades del equilibrio	419
	14-8	Combinaciones de dos movimientos armónicos simples	420
		Revisión, ejercicios y problemas	422
<b>CAPÍTULO</b>	<b>15</b>	<b>Oscilaciones forzadas y amortiguadas</b>	<b>429</b>
	15-1	Oscilaciones amortiguadas	430
	15-2	Oscilador forzado	434
	15-3	Oscilador forzado con amortiguamiento	435
		Revisión, ejercicios y problemas	438
<b>CAPÍTULO</b>	<b>16</b>	<b>Gravedad</b>	<b>443</b>
	16-1	Leyes de Kepler	443
<b>Ensayo</b>		<b>Cometas</b>	<b>446</b>
	16-2	Experimento de Cavendish	448
	16-3	El campo gravitatorio	449
	16-4	Potencial gravitatorio	452
	16-5	Líneas de fuerza	452
	16-6	Campo gravitatorio de una distribución de masas con simetría esférica	454
	16-7	Deducción por cálculo integral del campo gravitatorio de una capa esférica ( <i>opcional</i> )	458
		Revisión, ejercicios y problemas	460
<b>CAPÍTULO</b>	<b>17</b>	<b>Temperatura</b>	<b>465</b>
	17-1	Variables macroscópicas de estado	465
	17-2	Paredes adiabáticas y diatérmicas	467
	17-3	El principio cero de la termodinámica	468
	17-4	Escalas de temperatura y termómetros	470
	17-5	Unidades de presión	474
	17-6	Escalas Celsius, Rankine y Fahrenheit	475
	17-7	Ecuación de estado; gases ideales	477
	17-8	Interpretación molecular de la temperatura	479
	17-9	Dilatación térmica	481
		Revisión, ejercicios y problemas	484



<b>CAPÍTULO</b>	<b>18</b>	<b>Calor, trabajo y primer principio de Termodinámica 491</b>
	18-1	Capacidad calorífica y calor específico 492
	18-2	Calor latente 496
	18-3	El primer principio de la Termodinámica 497
	18-4	Trabajo y diagrama <i>PV</i> para un gas 500
	18-5	Energía interna de un gas 504
	18-6	Capacidades caloríficas de un gas ideal 506
	18-7	La equiparación de la energía 507
	18-8	Expansión adiabática, quasi-estática, de un gas ideal 513
		Revisión, ejercicios y problemas 514
<b>CAPÍTULO</b>	<b>19</b>	<b>La energía utilizable 521</b>
	19-1	Las máquinas térmicas y el segundo principio de la Termodinámica 522
	19-2	Equivalencia entre los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius 525
	19-3	Reversibilidad 527
	19-4	La máquina de Carnot 529
	19-5	Escala de temperatura absoluta 532
		<b>Centrales energéticas y polución térmica 535</b>
	19-6	Entropía 537
	19-7	Variación de la entropía del universo 541
	19-8	Entropía y trabajo utilizable 543
	19-9	Interpretación molecular de la entropía 544
	19-10	Pruebas de que la entropía existe y de que la entropía del universo no puede nunca disminuir 546
		Revisión, ejercicios y problemas 549
<b>CAPÍTULO</b>	<b>20</b>	<b>Pulsos de ondas 557</b>
	20-1	Pulsos de ondas 558
	20-2	Función de ondas; interferencias 560
	20-3	Velocidad de las ondas en una cuerda 562
	20-4	Velocidad de las ondas sonoras 564
	20-5	Reflexión y transmisión de pulsos 568
		Revisión, ejercicios y problemas 571
<b>CAPÍTULO</b>	<b>21</b>	<b>Ondas armónicas en una dimensión 577</b>
	21-1	Longitud de onda, frecuencia y velocidad de las ondas armónicas 578
	21-2	Polarización 580
	21-3	Ondas sonoras armónicas 582
	21-4	Superposición e interferencia de ondas armónicas 585
	21-5	Método vectorial para la suma de ondas armónicas 586
	21-6	Energía e intensidad de una onda armónica en una cuerda 588
	21-7	Energía e intensidad de las ondas sonoras armónicas 590
<b>Ensayo</b>		<b>Explosiones sónicas</b>
	21-8	La ecuación de onda ( <i>opcional</i> ) 595
		Revisión, ejercicios y problemas 598
<b>CAPÍTULO</b>	<b>22</b>	<b>Ondas estacionarias 605</b>
	22-1	Ondas estacionarias en una cuerda fija por ambos extremos 605
	22-2	Funciones de ondas estacionarias 609



	22-3	Ondas estacionarias en una cuerda fija en un extremo	610
	22-4	Ondas sonoras estacionarias	612
		Revisión, ejercicios y problemas	614
<b>CAPÍTULO</b>	<b>23</b>	<b>Superposición de ondas de frecuencia diferente</b>	<b>619</b>
	23-1	Superposición de dos ondas de frecuencia y longitud de onda casi iguales	619
	23-2	Batidos o pulsaciones	621
	23-3	Análisis y síntesis armónica	622
	23-4	Paquetes de ondas	625
	23-5	Dispersión	626
	23-6	Superposición de ondas estacionarias ( <i>opcional</i> )	630
		Revisión, ejercicios y problemas	632
<b>CAPÍTULO</b>	<b>24</b>	<b>Ondas circulares y esféricas</b>	<b>637</b>
	24-1	Frentes de onda	637
	24-2	Efecto Doppler	640
	24-3	Interferencia de dos fuentes puntuales	646
	24-4	Diagrama de interferencias de tres o cuatro fuentes igualmente espaciadas	650
	24-5	Coherencia	653
		Revisión, ejercicios y problemas	654
<b>CAPÍTULO</b>	<b>25</b>	<b>Propagación de las ondas</b>	<b>661</b>
	25-1	Difracción	661
	25-2	Construcción de Huygens	662
	25-3	Diagrama de difracción de una sola rendija	663
	25-4	Validez de la aproximación de los rayos	668
	25-5	Principio de Huygens aplicado a la reflexión	670
	25-6	Principio de Huygens aplicado a la refracción	671
	25-7	Reflexión total interna	673
	25-8	Dispersión de Bragg	674
		<b>Astronomía por radar</b>	
<b>Ensayo</b>		Revisión, ejercicios y problemas	677
<b>CAPÍTULO</b>	<b>26</b>	<b>Luz</b>	<b>681</b>
	26-1	¿Ondas o partículas?	681
	26-2	Ondas electromagnéticas	685
	26-3	Velocidad de la luz	688
	26-4	Reflexión	690
	26-5	Refracción	691
	26-6	Difracción y resolución	694
	26-7	Interferencia	697
	26-8	Redes de difracción	700
	26-9	Polarización	703
		<b>El Universo en expansión</b>	
<b>Ensayo</b>		Revisión, ejercicios y problemas	717
<b>CAPÍTULO</b>	<b>27</b>	<b>Óptica geométrica</b>	<b>725</b>
	27-1	Espejos planos	725



	27-2	Espejos esféricos	727
	27-3	Imágenes formadas por refracción	731
	27-4	Lentes	732
	27-5	Aberraciones	738
	27-6	El ojo	739
	27-7	Lupa o microscopio simple	741
	27-8	Microscopio compuesto y telescopio	742
		Revisión, ejercicios y problemas	744
<b>CAPÍTULO</b>	<b>28</b>	<b>Relatividad especial</b>	<b>751</b>
	28-1	Experimento de Michelson-Morley	752
	28-2	Consecuencias de los postulados de Einstein	755
	28-3	Dilatación del tiempo y contracción de longitudes	756
	28-4	Sincronización de relojes y simultaneidad	759
	28-5	Efecto Doppler	765
	28-6	Transformación de Lorentz	766
	28-7	La paradoja de los gemelos	769
	28-8	Cantidad de movimiento relativista	772
	28-9	Energía relativista	774
	28-10	Masa y energía de enlace	778
		<b>Albert Einstein (1879-1955)</b>	
		Revisión, ejercicios y problemas	783
<b>CAPÍTULO</b>	<b>29</b>	<b>Campo eléctrico</b>	<b>791</b>
	29-1	Carga eléctrica	791
	29-2	Ley de Coulomb	794
	29-3	Campo eléctrico	797
	29-4	Líneas de fuerza	800
	29-5	Flujo eléctrico	803
	29-6	Ley de Gauss	805
	29-7	Movimiento de cargas puntuales en campos eléctricos	806
	29-8	Dipolo eléctrico en campos eléctricos	808
	29-9	Deducción matemática de la ley de Gauss ( <i>opcional</i> )	810
		<b>Benjamin Franklin (1706-1790)</b>	
		Revisión, ejercicios y problemas	815
<b>CAPÍTULO</b>	<b>30</b>	<b>Cálculo del campo eléctrico</b>	<b>821</b>
	30-1	Cálculo de $E$ a partir de la ley de Coulomb	822
	30-2	Cálculo de $E$ a partir de la ley de Gauss	830
		Revisión, ejercicios y problemas	833
<b>CAPÍTULO</b>	<b>31</b>	<b>Conductores en equilibrio electrostático</b>	<b>837</b>
	31-1	Carga libre en conductores	838
	31-2	Carga y campo en la superficie de los conductores	839
	31-3	Carga por inducción	842
		Revisión, ejercicios y problemas	843
<b>CAPÍTULO</b>	<b>32</b>	<b>Potencial eléctrico</b>	<b>847</b>
	32-1	Diferencia de potencial	847



	32-2	Potencial eléctrico	849
	32-3	Potencial debido a una carga puntual y energía potencial electrostática	851
	32-4	Cálculo del potencial eléctrico para diversas distribuciones de carga	853
	32-5	Superficies equipotenciales	858
	32-6	Distribución de carga	860
		Revisión, ejercicios y problemas	863
<b>CAPÍTULO</b>	<b>33</b>	<b>Capacidad, energía electrostática y dieléctricos</b>	<b>869</b>
	33-1	Condensadores	870
	33-2	Cálculo de capacidades	870
	33-3	Combinación de condensadores en paralelo y en serie	873
	33-4	Energía electrostática en un condensador	875
	33-5	Energía del campo electrostático	876
	33-6	Dieléctricos	878
		<b>Electrostática y Xerografía</b>	
<b>Ensayo</b>	33-7	Polarizabilidad molecular ( <i>opcional</i> )	885
		Revisión, ejercicios y problemas	887
<b>CAPÍTULO</b>	<b>34</b>	<b>Corriente eléctrica</b>	<b>893</b>
	34-1	Corriente y movimiento de cargas	894
	34-2	Ley de Ohm y resistencia	895
	34-3	Modelo clásico de conducción eléctrica	900
	34-4	Correcciones a la teoría clásica de la conducción	903
	34-5	Conductores, aislantes, semiconductores	904
	34-6	Conservación de la carga y tendencia al equilibrio electrostático	907
	34-7	Energía en los circuitos eléctricos	909
		<b>Transistores</b>	
<b>Ensayo</b>		Revisión, ejercicios y problemas	915
<b>CAPÍTULO</b>	<b>35</b>	<b>Circuitos de corriente continua</b>	<b>921</b>
	35-1	Reglas de Kirchhoff	921
	35-2	Resistencias en serie y en paralelo	927
	35-3	Circuitos <i>R-C</i>	930
	35-4	Amperímetros, voltímetros, ohmímetros	933
	35-5	Puente de Wheatstone	936
	35-6	El potenciómetro	937
		Revisión, ejercicios y problemas	938
<b>CAPÍTULO</b>	<b>36</b>	<b>Campo magnético</b>	<b>945</b>
	36-1	Definición del campo magnético <b>B</b>	947
	36-2	Imanes en campos magnéticos	950
	36-3	Momento que actúa sobre una espira de corriente en el interior de un campo magnético uniforme	951
	36-4	Movimiento de una carga puntual en el interior de un campo magnético	954
	36-5	Efecto Hall	962
		Revisión, ejercicios y problemas	964
<b>CAPÍTULO</b>	<b>37</b>	<b>Fuentes del campo magnético</b>	<b>969</b>
	37-1	Ley de Biot-Savart	970



	37-2	Definición del amperio y del coulombio	974
	37-3	Relatividad especial y campo magnético	976
	37-4	Ley de Ampère	979
	37-5	Campo magnético de un solenoide	982
	37-6	Campo magnético de un imán en forma de barra	985
	37-7	Flujo magnético	987
	37-8	Corriente de desplazamiento de Maxwell	990
		Revisión, ejercicios y problemas	991
<b>CAPÍTULO</b>	<b>38</b>	<b>Ley de Faraday</b>	<b>999</b>
	38-1	FEM de movimiento	1000
	38-2	Ley de Lenz	1001
	38-3	Aplicaciones de la ley de Faraday	1003
	38-4	Corrientes de Foucault	1005
	38-5	El betatrón	1006
	38-6	Autoinducción	1009
	38-7	Circuitos <i>LR</i>	1012
	38-8	Energía magnética	1015
	38-9	Circuitos <i>LC</i> y <i>LCR</i>	1016
		<b>Motores eléctricos</b>	
		Revisión, ejercicios y problemas	1026
<b>CAPÍTULO</b>	<b>39</b>	<b>Magnetismo en la materia</b>	<b>1033</b>
	39-1	Intensidad magnética <b>H</b>	1035
	39-2	Susceptibilidad y permeabilidad magnéticas	1039
	39-3	Momentos magnéticos atómicos	1040
	39-4	Paramagnetismo	1043
	39-5	Diamagnetismo	1044
	39-6	Ferromagnetismo	1046
		Revisión, ejercicios y problemas	1049
<b>CAPÍTULO</b>	<b>40</b>	<b>Circuitos de corriente alterna</b>	<b>1053</b>
	40-1	Generador de corriente alterna	1054
	40-2	Corriente alterna en una resistencia	1055
	40-3	Corriente alterna en un condensador	1055
	40-4	Corriente alterna en una bobina	1056
	40-5	Circuito <i>LCR</i> con generador	1057
	40-6	Potencia en circuitos de corriente alterna	1061
	40-7	El transformador	1064
		Revisión, ejercicios y problemas	1067
<b>CAPÍTULO</b>	<b>41</b>	<b>Ecuaciones de Maxwell y ondas electromagnéticas</b>	<b>1071</b>
	41-1	Ecuaciones de Maxwell	1071
	41-2	Ecuación de onda para las ondas electromagnéticas	1072
		Revisión, ejercicios y problemas	1078
<b>CAPÍTULO</b>	<b>42</b>	<b>Cuantización</b>	<b>1081</b>
	42-1	Origen de la constante cuántica: radiación de un cuerpo negro	1083
	42-2	Cuantización de la radiación electromagnética: fotones	1085



42-3	Cuantización de energías atómicas: modelo de Bohr	1089
42-4	Ondas de electrones	1094
42-5	Dualidad onda-partícula	1097
42-6	Principio de incertidumbre	1098
<b>Ensayo</b>	<b>Agujeros negros</b>	
	Revisión, ejercicios y problemas	1102
<b>Apéndice A</b>	<b>Unidades SI</b>	<b>1107</b>
	Unidades básicas	1107
	Unidades derivadas	1107
<b>Apéndice B</b>	<b>Datos numéricos</b>	<b>1109</b>
	Constantes físicas	1109
	Datos terrestres	1110 0
	Datos astronómicos	1111
	Densidades de sustancias seleccionadas (C. N.)	1111
<b>Apéndice C</b>	<b>Factores de conversión</b>	<b>1113</b>
<b>Apéndice D</b>	<b>Símbolos y fórmulas matemáticas</b>	<b>1115</b>
	Símbolos y abreviaturas matemáticas	1115
	Raíces o soluciones de la ecuación de segundo grado	1115
	Desarrollo del binomio	1115
	Fórmulas trigonométricas	1115
	Funciones exponencial y logarítmica	1116
<b>Apéndice E</b>	<b>Derivadas e integrales</b>	<b>1117</b>
	Propiedades de las derivadas y derivadas de algunas funciones particulares	1117
	Fórmulas de integración	1120
<b>Apéndice F</b>	<b>Tablas trigonométricas</b>	<b>1121</b>
<b>Apéndice G</b>	<b>Sistema periódico de los elementos</b>	<b>1125</b>
<b>Soluciones</b>		<b>1125</b>
<b>Índice alfabético</b>		<b>1161</b>