

# Contenido

\* Estas secciones son opcionales.

|   |   |           |   |   |            |
|---|---|-----------|---|---|------------|
| <b>Capítulo 1</b>   | <b>INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>1</b>  | 4.2   | Movimiento bidimensional                        | 71         |
| 1.1   | ¿Qué es la física?                                    | 1         | 4.3   | Movimiento de proyectiles                       | 73         |
| 1.2   | Conceptos, modelos y teorías                          | 2         | 4.4   | Movimiento circular uniforme                    | 78         |
| 1.3   | Unidades  | 5         | 4.5   | Marcos de referencia inerciales                 | 80         |
| 1.4   | Notación de potencias de diez y cifras significativas | 8         | 4.6   | Velocidad relativa                              | 81         |
| 1.5   | Orden de magnitud                                     | 9         | 4.7   | La transformación galileana                     | 84         |
| 1.6   | Análisis dimensional                                  | 11        | 4.8   | Movimiento circular no uniforme                 | 85         |
| 1.7   | Marcos de referencia y sistemas de coordenadas        | 12        | NOTA HISTÓRICA: El desarrollo del concepto de inercia | 86  |            |
| NOTA HISTÓRICA: La teoría geocéntrica y la teoría heliocéntrica |   | 16        | TEMA ESPECIAL: Proyectiles reales                     | 89  |            |
| <b>Capítulo 2</b>   | <b>VECTORES</b>                                       | <b>21</b> | <b>Capítulo 5</b>                                     | <b>DINÁMICA DE LAS PARTÍCULAS II</b>            | <b>101</b> |
| 2.1   | Escalares y vectores                                  | 22        | 5.1   | Fuerza y masa                                   | 102        |
| 2.2   | Suma vectorial  | 23        | 5.2   | Segunda ley de Newton                           | 104        |
| 2.3   | Componentes y vectores unitarios                      | 25        | 5.3   | Peso  | 106        |
| 2.4   | El producto escalar (punto)                           | 28        | 5.4   | La tercera ley de Newton                        | 108        |
| 2.5   | El producto vectorial (cruz)                          | 30        | 5.5   | Aplicaciones de las leyes de Newton             | 109        |
| <b>Capítulo 3</b>   | <b>CINEMÁTICA UNIDIMENSIONAL</b>                      | <b>39</b> | 5.6   | Peso aparente                                   | 115        |
| 3.1   | Cinemática de la partícula                            | 39        | <b>Capítulo 6</b>                                     | <b>DINÁMICA DE LAS PARTÍCULAS II</b>            | <b>125</b> |
| 3.2   | Desplazamiento y velocidad                            | 40        | 6.1   | Fricción  | 125        |
| 3.3   | Velocidad instantánea                                 | 42        | 6.2   | Dinámica del movimiento circular                | 129        |
| 3.4   | Aceleración   | 44        | 6.3   | Órbitas de los satélites                        | 133        |
| 3.5   | El uso de áreas                                       | 46        | 6.4   | *Movimiento en medios con resistencia           | 135        |
| 3.6   | Las ecuaciones cinemáticas para aceleración constante | 48        | 6.5   | *Marcos no inerciales                           | 136        |
| NOTA HISTÓRICA: Los cuerpos en caída                            |   | 52        | TEMA ESPECIAL: Los fenómenos de la fricción           | 142   |            |
| 3.7   | Caída libre vertical                                  | 53        | <b>Capítulo 7</b>                                     | <b>TRABAJO Y ENERGÍA</b>                        | <b>153</b> |
| 3.8   | Velocidad terminal                                    | 56        | 7.1   | Trabajo realizado por una fuerza constante      | 154        |
| TEMA ESPECIAL: Efectos fisiológicos de la aceleración           |   | 57        | 7.2   | Trabajo de una fuerza variable en una dimensión | 158        |
| <b>Capítulo 4</b>   | <b>INERCIA Y MOVIMIENTO BIDIMENSIONAL</b>             | <b>69</b> | 7.3   | El teorema del trabajo-energía en una dimensión | 160        |
| 4.1   | Primera ley de Newton                                 | 70        | 7.4   | Potencia  | 163        |
|   |   |           | 7.4   | Trabajo y energía en tres dimensiones           | 164        |
|   |   |           | TEMA ESPECIAL: La energía y el automóvil              | 174   |            |

|                    |   |            |                    |  |            |
|--------------------|---|------------|--------------------|--|------------|
| <b>Capítulo 8</b>  | <b>CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA</b>                       | <b>177</b> | <b>Capítulo 11</b> | <b>ROTACIÓN DE UN CUERPO RÍGIDO ALREDEDOR DE UN EJE FIJO</b> | <b>253</b> |
| 8.1                | Energía potencial                                       | 178        | 11.1               | Cinemática de la rotación                                    | 253        |
| 8.2                | Fuerzas conservativas                                   | 180        | 11.2               | Energía cinética rotacional y momento de inercia             | 258        |
| 8.3                | Energía potencial y fuerzas conservativas               | 180        | 11.3               | Momentos de inercia de cuerpos continuos                     | 260        |
| 8.4                | Funciones de energía potencial                          | 182        | 11.4               | Conservación de la energía mecánica, incluyendo la rotación  | 262        |
| 8.5                | Conservación de la energía mecánica                     | 183        | 11.5               | Torca  | 263        |
| 8.6                | Energía mecánica y fuerzas no conservativas             | 189        | 11.6               | Dinámica de la rotación de un cuerpo rígido (eje fijo)       | 264        |
| 8.7                | Fuerzas conservativas y funciones de energía potencial  | 190        | 11.7               | Trabajo y potencia   | 268        |
| 8.8                | Diagramas de energía                                    | 192        | 11.8               | *Dinámica de la fricción de rodamiento                       | 269        |
| 8.9                | Energía potencial gravitatoria: Velocidad de escape     | 193        | 11.9               | *Naturaleza vectorial de la velocidad angular                | 270        |
| 8.10               | Generalización de la conservación de la energía         | 196        |                    |  |            |
| <b>Capítulo 9</b>  | <b>ÍMPETU LINEAL</b>                                    | <b>207</b> | <b>Capítulo 12</b> | <b>ÍMPETU ANGULAR Y ESTÁTICA</b>                             | <b>283</b> |
| 9.1                | Ímpetu lineal   | 207        | 12.1               | El vector torca  | 283        |
| 9.2                | Conservación del ímpetu lineal                          | 209        | 12.2               | Ímpetu angular   | 284        |
| NOTA HISTÓRICA:    | Robert Goddard y los primeros cohetes                   | 213        | 12.3               | Dinámica de rotación   | 287        |
| 9.3                | Colisiones elásticas en una dimensión                   | 215        | 12.4               | Conservación del ímpetu angular                              | 289        |
| 9.4                | Impulso   | 217        | 12.5               | Condiciones para el equilibrio estático                      | 292        |
| 9.5                | Comparación del ímpetu lineal con la energía cinética   | 219        | 12.6               | Centro de gravedad   | 293        |
| 9.6                | *Colisiones elásticas en dos dimensiones                | 220        | 12.7               | *Equilibrio dinámico   | 296        |
| 9.7                | *Propulsión de cohetes                                  | 221        | 12.8               | *Espín e ímpetu angular orbital                              | 296        |
| NOTA HISTÓRICA:    | Colisiones y la relatividad galileana                   | 223        | 12.9               | *El movimiento giroscópico                                   | 298        |
|                    |   |            | TEMA ESPECIAL:     | Contorsiones y volteretas                                    | 300        |
| <b>Capítulo 10</b> | <b>SISTEMAS DE PARTÍCULAS</b>                           | <b>233</b> | <b>Capítulo 13</b> | <b>LA GRAVITACIÓN</b>  | <b>315</b> |
| 10.1               | Centro de masa  | 233        | 13.1               | La ley de Newton de la gravitación                           | 316        |
| 10.2               | Centro de masa de un cuerpo continuo                    | 236        | 13.2               | Masa gravitatoria y masa inercial                            | 318        |
| 10.3               | Movimiento del centro de masa                           | 238        | 13.3               | La intensidad del campo gravitatorio                         | 320        |
| NOTA HISTÓRICA:    | Equivalencia masa-energía, $E = mc^2$                   | 241        | 13.4               | Las leyes de Kepler del movimiento planetario                | 321        |
| 10.4               | Energía cinética de un sistema de partículas            | 241        | 13.5               | Distribuciones continuas de masa                             | 324        |
| 10.5               | * Teorema trabajo-energía para un sistema de partículas | 242        | NOTA HISTÓRICA:    | El origen de los <i>Principia</i>                            | 327        |
| 10.6               | *Trabajo hecho por la fricción                          | 243        | TEMA ESPECIAL:     | Las mareas   | 329        |
| 10.7               | *Sistemas de masa variable                              | 245        | <b>Capítulo 14</b> | <b>SÓLIDOS Y FLUIDOS</b>                                     | <b>339</b> |
|                    |   |            | 14.1               | Densidad   | 340        |
|                    |   |            | 14.2               | Los módulos de elasticidad                                   | 341        |

|   |  |            |  |   |     |
|---|--|------------|--|---|-----|
| 14.3  | La presión en los fluidos                          | 344        | 18.3   | La ley cero de la termodinámica   | 436 |
| 14.4  | El principio de Arquímedes                         | 347        | 18.4   | La ecuación de estado de un gas ideal                                   | 437 |
| 14.5  | La ecuación de continuidad                         | 349        | 18.5   | *El termómetro de gas a volumen constante                               | 439 |
| 14.6  | La ecuación de Bernoulli                           | 351        | 18.6   | Dilatación térmica  | 440 |
| <b>Capítulo 15 OSCILACIONES</b>   |  | <b>363</b> | <b>Capítulo 19 LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA</b>            |   |     |
| 15.1  | Oscilación armónica simple                         | 364        | 19.1   | Calor específico  | 448 |
| 15.2  | El sistema bloque-resorte                          | 366        | 19.2   | Calor latente   | 450 |
| 15.3  | Energía en el movimiento armónico simple           | 369        | 19.3   | El equivalente mecánico del calor                                       | 452 |
| 15.4  | Péndulos   | 370        | 19.4   | El trabajo en termodinámica   | 454 |
| 15.5  | *Oscilaciones amortiguadas                         | 373        | 19.5   | La primera ley de la termodinámica                                      | 457 |
| 15.6  | *Oscilaciones forzadas                             | 375        | 19.6   | Aplicaciones de la primera ley de la termodinámica                      | 458 |
| <b>Capítulo 16 LAS ONDAS MECÁNICAS</b>                                    |  | <b>385</b> | 19.7   | Gases ideales   | 461 |
| 16.1  | Características de las ondas                       | 386        | 19.8   | *Velocidad del sonido   | 464 |
| 16.2  | Superposición de ondas                             | 388        | 19.9   | Transporte del calor  | 464 |
| 16.3  | Velocidad de una pulsación en una cuerda           | 389        | <b>Capítulo 20 TEORÍA CINÉTICA</b>                               |   |     |
| 16.4  | Reflexión y transmisión                            | 390        | 20.1   | El modelo de un gas ideal   | 475 |
| 16.5  | Las ondas en movimiento                            | 392        | 20.2   | Interpretación cinética de la presión                                   | 476 |
| 16.6  | Ondas armónicas en movimiento                      | 394        | 20.3   | Interpretación cinética de la temperatura                               | 478 |
| 16.7  | Ondas estacionarias                                | 396        | 20.4   | Calores específicos de un gas ideal                                     | 480 |
| 16.8  | Ondas estacionarias resonantes en una cuerda       | 397        | 20.5   | Equipartición de la energía   | 482 |
| 16.9  | La ecuación de onda                                | 400        | 20.6   | *La distribución de velocidades de Maxwell-Boltzmann                    | 485 |
| 16.10   | Transporte de energía en una cuerda                | 400        | 20.7   | *Camino libre medio   | 486 |
| 16.11   | Velocidad de las ondas en una cuerda               | 402        | 20.8   | *La ecuación de Van der Waals; diagramas de fase                        | 487 |
| <b>Capítulo 17 EL SONIDO</b>  |  | <b>411</b> | <b>Capítulo 21 ENTROPÍA Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA</b> |   |     |
| 17.1  | La naturaleza de una onda sonora                   | 411        | 21.1   | Las máquinas de calor y el enunciado de Kelvin-Planck de la segunda ley | 497 |
| 17.2  | Ondas sonoras estacionarias resonantes             | 415        | 21.2   | Refrigeradores y el enunciado de Clausius de la segunda ley             | 499 |
| 17.3  | El efecto Doppler                                  | 417        | 21.3   | *Equivalencia de los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius             | 500 |
| 17.4  | Interferencia en el tiempo; pulsaciones            | 419        | 21.4   | Procesos reversibles e irreversibles                                    | 501 |
| 17.5  | Velocidad de las ondas longitudinales en un fluido | 420        | 21.5   | El ciclo de Carnot  | 501 |
| 17.6  | Intensidad del sonido                              | 422        | 21.6   | La máquina de gasolina (ciclo de Otto)                                  | 505 |
| 17.7  | *Series de Fourier                                 | 425        | 21.7   | Entropía  | 507 |
| <b>Capítulo 18 TEMPERATURA, DILATACIÓN TÉRMICA Y LA LEY DEL GAS IDEAL</b> |  | <b>433</b> | 21.8   | Entropía y la segunda ley   | 511 |
| 18.1  | Temperatura  | 434        | 21.9   | La disponibilidad de la energía   | 512 |
| 18.2  | Escalas de temperatura                             | 435        |  |   |     |

viii CONTENIDO

|                                       |     |   |     |
|---------------------------------------|-----|---|-----|
| 21.10 Entropía y desorden             | 513 | C Repaso de cálculo                         | A7  |
| 21.11 *Mecánica estadística           | 514 | D La tabla periódica                        | A9  |
| 21.12 *Entropía y probabilidad        | 515 | E Masas atómicas                            | A11 |
| 21.13 *Escala de temperatura absoluta | 516 | F Generalidades                             | A15 |
| <b>Apéndices</b>                      |     |   |     |
| A Unidades SI                         | A1  | Respuestas a los ejercicios de número impar | R19 |
| B Repaso de matemáticas               | A3  | Créditos de fotografías                     | C1  |
|                                       |     | Índice                                      | 11  |