

# Contenido

**Prólogo** xiii

**Lista de símbolos** xvii

## 1 INTRODUCCIÓN 1

- 1.1. ¿Qué es la mecánica? 2
- 1.2. Principios y conceptos fundamentales 2
- 1.3. El Sistema Internacional (SI) de unidades 5
- 1.4. Método de resolución de problemas 8
- 1.5. Aproximaciones numéricas 9

## 2 ESTÁTICA DE LAS PARTÍCULAS 10

- 2.1. Introducción 11
  - Fuerzas en un plano** 11
  - 2.2. Fuerza sobre una partícula. Resultante de dos fuerzas 11
  - 2.3. Vectores 12
  - 2.4. Suma de vectores 13
  - 2.5. Resultante de varias fuerzas concurrentes 15
  - 2.6. Descomposición de una fuerza en componentes 15
  - 2.7. Componentes rectangulares de una fuerza. Vectores unitarios 22
  - 2.8. Suma de fuerzas por suma de las componentes  $x$  e  $y$  25
  - 2.9. Equilibrio de una partícula 30
  - 2.10. Primera ley del movimiento de Newton 31
  - 2.11. Problemas relativos al equilibrio de una partícula. Diagramas de sólido libre 31
    - Fuerzas en el espacio** 40
    - 2.12. Componentes rectangulares de una fuerza en el espacio 40
    - 2.13. Fuerza definida por su módulo y dos puntos de su recta soporte 43
    - 2.14. Suma de fuerzas concurrentes en el espacio 44
    - 2.15. Equilibrio de una partícula en el espacio 52
- Repaso y resumen del Capítulo 2** 59
- Problemas de repaso** 62

### 3

## SÓLIDO RÍGIDO: SISTEMAS EQUIVALENTES DE FUERZAS

66

- 3.1. Introducción 67
  - 3.2. Fuerzas externas e internas 67
  - 3.3. Principio de la transmisibilidad. Fuerzas equivalentes 68
  - 3.4. Producto vectorial de dos vectores 70
  - 3.5. Productos vectoriales expresados en componentes rectangulares 72
  - 3.6. Momento de una fuerza respecto a un punto 74
  - 3.7. Teorema de Varignon 76
  - 3.8. Componentes rectangulares del momento de una fuerza 76
  - 3.9. Producto escalar de dos vectores 86
  - 3.10. Producto mixto de tres vectores 88
  - 3.11. Momento de una fuerza respecto a un eje 90
  - 3.12. Momento de un par de fuerzas 100
  - 3.13. Equivalencia entre los pares 101
  - 3.14. Suma de pares 103
  - 3.15. Representación de los pares mediante vectores 103
  - 3.16. Descomposición de una fuerza en una fuerza en  $O$  y un par 104
  - 3.17. Reducción de un sistema de fuerzas a una fuerza y un par 115
  - 3.18. Sistemas equivalentes de fuerzas 117
  - 3.19. Sistemas equipolentes de vectores 117
  - 3.20. Reducción adicional de un sistema de fuerzas 118
  - 3.21. Reducción de un sistema de fuerzas a un torsor 120
- Repaso y resumen del Capítulo 3** 139
- Problemas de repaso** 144

### 4

## ESTÁTICA DEL SÓLIDO RÍGIDO

148

- 4.1. Introducción 149
  - 4.2. Diagrama de sólido libre 150
- Equilibrio en dos dimensiones** 151
- 4.3. Reacciones en los soportes y uniones de una estructura bidimensional 151
  - 4.4. Equilibrio de un sólido rígido en dos dimensiones 153
  - 4.5. Reacciones estáticamente indeterminadas. Ligaduras parciales 155
  - 4.6. Equilibrio de un sólido sometido a dos fuerzas 172
  - 4.7. Equilibrio de un sólido sometido a tres fuerzas 173
- Equilibrio en tres dimensiones** 180
- 4.8. Equilibrio de un sólido rígido en tres dimensiones 180
  - 4.9. Reacciones en los soportes y las uniones en el caso de las estructuras tridimensionales 180

- Repaso y resumen del Capítulo 4** 197
- Problemas de repaso** 199

## 5

### FUERZAS DISTRIBUIDAS: CENTROIDES Y CENTROS DE GRAVEDAD

204

- 5.1. Introducción 205
- Superficies y líneas** 205
- 5.2. Centro de gravedad de un cuerpo bidimensional 205
- 5.3. Centroides de superficies y líneas 207
- 5.4. Momentos de primer orden de superficies y líneas 208
- 5.5. Placas y alambres compuestos 211
- 5.6. Determinación de centroides por integración 222
- 5.7. Teoremas de Pappus-Guldin 224
- 5.8. Vigas con cargas distribuidas 235
- 5.9. Fuerzas sobre superficies sumergidas 236
- Volúmenes** 246
- 5.10. Centro de gravedad de un cuerpo tridimensional. Centroide de un volumen 246
- 5.11. Cuerpos compuestos 249
- 5.12. Determinación de centroides de volúmenes por integración 249
- Repaso y resumen del Capítulo 5** 261
- Problemas de repaso** 265

## 6

### ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

269

- 6.1. Introducción 270
- Armaduras** 271
- 6.2. Definición de armadura 271
- 6.3. Armaduras simples 273
- 6.4. Análisis de armaduras por el método de los nudos 274
- 6.5. Nudos bajo condiciones especiales de carga 276
- 6.6. Armaduras espaciales 278
- 6.7. Análisis de armaduras por el método de las secciones 288
- 6.8. Armaduras compuestas 289
- Entramados y máquinas** 300
- 6.9. Estructuras que contienen miembros multifuerza 300
- 6.10. Análisis de un entramado 300
- 6.11. Entramados que dejan de ser rígidos cuando se separan de sus soportes 301
- 6.12. Máquinas 316
- Repaso y resumen del Capítulo 6** 328
- Problemas de repaso** 331

**7**  
**FUERZAS EN VIGAS Y CABLES**  
336

- 7.1. Introducción 337
- 7.2. Fuerzas internas en los miembros 337
- Vigas** 344
- 7.3. Tipos de cargas y soportes 344
- 7.4. Fuerza cortante y momento flector en una viga 345
- 7.5. Diagramas de fuerza cortante y momento flector 347
- 7.6. Relaciones entre la carga, la fuerza cortante y el momento flector 355
- Cables** 366
- 7.7. Cables con cargas concentradas 366
- 7.8. Cables con cargas distribuidas 367
- 7.9. Cable parabólico 368
- 7.10. Catenaria 377
- Repaso y resumen del Capítulo 7** 385
- Problemas de repaso** 388

**8**  
**ROZAMIENTO**  
391

- 8.1. Introducción 392
- 8.2. Leyes del rozamiento seco. Coeficientes de rozamiento 392
- 8.3. Ángulos de rozamiento 395
- 8.4. Problemas relacionados con el rozamiento seco 396
- 8.5. Cuñas 412
- 8.6. Tornillos de rosca cuadrada 412
- 8.7. Cojinetes. Rozamiento en los ejes 421
- 8.8. Cojinetes de empuje. Rozamiento en los discos 423
- 8.9. Rozamiento en ruedas. Resistencia a la rodadura 424
- 8.10. Rozamiento en las correas 431
- Repaso y resumen del Capítulo 8** 442
- Problemas de repaso** 445

**9**  
**FUERZAS DISTRIBUIDAS: MOMENTOS DE INERCIA**  
450

- 9.1. Introducción 451
- Momentos de inercia de superficies** 452
- 9.2. Momento de segundo orden, o momento de inercia, de una superficie 452
- 9.3. Determinación por integración del momento de inercia de una superficie 453
- 9.4. Momento de inercia polar 454
- 9.5. Radio de giro de una superficie 455
- 9.6. Teorema de Steiner o de los ejes paralelos 462
- 9.7. Momentos de inercia de superficies compuestas 463
- 9.8. Producto de inercia 475

9.9.	Ejes principales y momentos principales de inercia	476
9.10.	Círculo de Mohr de los momentos y productos de inercia	484
	<b>Momentos de inercia máxicos</b>	490
9.11.	Momento de inercia de una masa	490
9.12.	Teorema de Steiner o del eje paralelo	491
9.13.	Momentos de inercia de placas delgadas	493
9.14.	Determinación por integración del momento de inercia de un cuerpo tridimensional	494
9.15.	Momentos de inercia de cuerpos compuestos	494
9.16.	Momento de inercia de un cuerpo respecto a un eje cualquiera que pase por $O$ . Productos de inercia máxicos	509
9.17.	Elipsoide de inercia. Ejes principales de inercia	510
9.18.	Determinación de los ejes principales y de los momentos principales de inercia de un cuerpo de forma cualquiera	512
	<b>Repaso y resumen del Capítulo 9</b>	523
	<b>Problemas de repaso</b>	529

## 10

### MÉTODO DE LOS TRABAJOS VIRTUALES

533

10.1.	Introducción	534
10.2.	Trabajo de una fuerza	534
10.3.	Principio de los trabajos virtuales	537
10.4.	Aplicaciones del principio de los trabajos virtuales	538
10.5.	Máquinas reales. Rendimiento mecánico	540
10.6.	Trabajo de una fuerza en un desplazamiento finito	554
10.7.	Energía potencial	556
10.8.	Energía potencial y equilibrio	557
10.9.	Estabilidad del equilibrio	558

**Repaso y resumen del Capítulo 10** 568

**Problemas de recapitulación** 571

**Índice** 575

**Respuestas a los problemas propuestos** 579