

CONTENIDO

PARTE UNO

MODELOS, COMPUTADORAS Y ANÁLISIS DEL ERROR 3

- PT 1.1 Motivación 3
- PT 1.2 Fundamentos matemáticos 5
- PT 1.3 Orientación 8

CAPÍTULO 1

Modelos matemáticos y solución de problemas de ingeniería 11

- 1.1 Un modelo matemático simple 11
- 1.2 Leyes de conservación e ingeniería 18
- Problemas 22

CAPÍTULO 2

Computadoras y programas 25

- 2.1 La computación y su entorno 26
- 2.2 Desarrollo de programas 27
- 2.3 Diseño de algoritmos 31
- 2.4 Composición de programas 42
- 2.5 Control de calidad 45
- 2.6 Documentación y mantenimiento 49
- 2.7 Estrategia de programación 51
- Problemas 55

CAPÍTULO 3

Aproximaciones y errores de redondeo 59

- 3.1 Cifras significativas 60
- 3.2 Exactitud y precisión 62
- 3.3 Definiciones de error 63
- 3.4 Errores de redondeo 66
- Problemas 82

CAPÍTULO 4

Serie de Taylor y errores de truncamiento 84

- 4.1 Las series de Taylor 84
- 4.2 Error de propagación 101
- 4.3 Error numérico total 106
- 4.4 Equivocaciones, errores de formulación e incertidumbre en los datos 108
- Problemas 109

EPÍLOGO: PARTE UNO 111

- PT 1.4 Elementos de juicio 111
- PT 1.5 Relaciones y fórmulas importantes 114
- PT 1.6 Métodos avanzados y algunas referencias adicionales 114

PARTE DOS**RAÍCES
DE ECUACIONES
119**

- PT 2.1 Motivación 119
- PT 2.2 Antecedentes matemáticos 121
- PT 2.3 Orientación 123

**CAPÍTULO 5
Métodos de intervalos 127**

- 5.1 Métodos gráficos 127
- 5.2 Método de bisección 131
- 5.3 Método de la falsa posición 141
- 5.4 Búsquedas con incrementos y determinación de valores iniciales 147
- Problemas 148

**CAPÍTULO 6
Métodos abiertos 150**

- 6.1 Iteración simple de punto fijo 151
- 6.2 Método de Newton-Raphson 156
- 6.3 Método de la secante 162
- 6.4 Raíces múltiples 167
- 6.5 Sistemas de ecuaciones no lineales 170
- Problemas 175

**CAPÍTULO 7
Raíz de polinomios 177**

- 7.1 Polinomios en ciencia e ingeniería 177
- 7.2 Cálculo con polinomios 180
- 7.3 Métodos convencionales 184
- 7.4 Método de Müller 184
- 7.5 Método de Bairstow 188
- 7.6 Otros métodos 194
- 7.7 Localización de raíces con librerías y paquetes de cómputo 194
- Problemas 204

**CAPÍTULO 8
Aplicaciones en ingeniería: raíces de ecuaciones 206**

- 8.1 Leyes de los gases ideales y no ideales (ingeniería química e ingeniería petrolera) 206
- 8.2 Flujo en un canal abierto (ingeniería civil e ingeniería ambiental) 209
- 8.3 Diseño de un circuito eléctrico (ingeniería eléctrica) 213
- 8.4 Análisis de vibraciones (ingeniería mecánica e ingeniería aeroespacial) 215
- Problemas 223

EPÍLOGO: PARTE DOS 229

- PT 2.4 Elementos de juicio 229
- PT 2.5 Relaciones importantes y fórmulas 232
- PT 2.6 Métodos avanzados y referencias adicionales 232

PARTE TRES

**ECUACIONES
ALGEBRAICAS
LINEALES 235**

- PT 3.1 Motivación 235
PT 3.2 Antecedentes matemáticos 238
PT 3.3 Orientación 245

CAPÍTULO 9**Eliminación de Gauss 249**

- 9.1 Resolución de pequeños conjuntos de ecuaciones 249
9.2 Eliminación de Gauss simple 256
9.3 Desventajas de los métodos de eliminación 263
9.4 Técnicas para mejorar las soluciones 269
9.5 Sistemas complejos 276
9.6 Sistemas de ecuaciones no lineales 277
9.7 Gauss-Jordan 279
9.8 Resumen 281
Problemas 281

CAPÍTULO 10**Descomposición LU e inversión de matrices 284**

- 10.1 Descomposición LU 284
10.2 Matriz inversa 294
10.3 Análisis de error y condición del sistema 298
Problemas 306

CAPÍTULO 11**Matrices especiales y el método de Gauss-Seidel 307**

- 11.1 Matrices especiales 307
11.2 Gauss-Seidel 311
11.3 Ecuaciones algebraicas lineales con librerías y paquetes de software 319
Problemas 327

CAPÍTULO 12**Aplicaciones en la ingeniería: ecuaciones algebraicas lineales 329**

- 12.1 Análisis en estado estable de un sistema de reactores (ingeniería química/ petrolera) 329
12.2 Análisis de una estructura estáticamente determinada (ingeniería civil/ ambiental) 332
12.3 Corrientes y voltajes en circuitos de resistores (ingeniería eléctrica) 336
12.4 Sistemas masa-resorte (ingeniería mecánica/aeroespacial) 338
Problemas 341

EPÍLOGO: PARTE TRES 348

- PT 3.4 Elementos de juicio 348
PT 3.5 Relaciones importantes y fórmulas 349
PT 3.6 Métodos avanzados y referencias adicionales 349

PARTE CUATRO

**OPTIMIZACIÓN
353**

- PT 4.1 Motivación 353
 PT 4.2 Bases matemáticas 359
 PT 4.3 Orientación 360

CAPÍTULO 13
Optimización unidimensional no restringida 364

- 13.1 Búsqueda de la sección dorada 365
 13.2 Interpolación cuadrática 372
 13.3 Método de Newton 374
 Problemas 376

CAPÍTULO 14
Optimización multidimensional sin restricciones 378

- 14.1 Métodos directos 378
 14.2 Métodos gradiente 383
 Problemas 397

CAPÍTULO 15
Optimización restringida 399

- 15.1 Programación lineal 399
 15.2 Optimización restringida no lineal 411
 15.3 Optimización con paquetes de software 411
 Problemas 421

CAPÍTULO 16
Aplicaciones en la ingeniería: optimización 424

- 16.1 Diseño de un tanque con el menor costo (ingeniería química/petrolera) 424
 16.2 Mínimo costo en tratamiento de aguas de desecho (ingeniería civil/ambiental) 429
 16.3 Máxima transferencia de potencia para un circuito (ingeniería eléctrica) 434
 16.4 Diseño de una bicicleta de montaña (ingeniería mecánica/aeroespacial) 438
 Problemas 440

EPÍLOGO: PARTE CUATRO 446

- PT 4.4 Elementos de juicio 446
 PT 4.5 Referencias adicionales 447

PARTE CINCO

**AJUSTE DE
CURVAS 449**

- PT 5.1 Motivación 449
 PT 5.2 Antecedentes matemáticos 451
 PT 5.3 Orientación 461

CAPÍTULO 17
Regresión por mínimos cuadrados 465

- 17.1 Regresión lineal 465
 17.2 Regresión de polinomios 481
 17.3 Regresión lineal múltiple 487

- 17.4 Forma general lineal por mínimos cuadrados 490
- 17.5 Regresión no lineal 496
- Problemas 500

CAPÍTULO 18 **Interpolación 502**

- 18.1 Diferencia dividida de Newton para la interpolación de polinomios 503
- 18.2 Interpolación de polinomios de Lagrange 515
- 18.3 Coeficientes de un polinomio de interpolación 519
- 18.4 Interpolación inversa 520
- 18.5 Comentarios adicionales 521
- 18.6 Interpolación segmentaria 524
- Problemas 534

CAPÍTULO 19 **Aproximación de Fourier 537**

- 19.1 Ajuste de curvas con funciones sinusoidales 538
- 19.2 Serie de Fourier continua 544
- 19.3 Frecuencia y dominios de tiempo 548
- 19.4 Integral y transformada de Fourier 552
- 19.5 Transformada discreta de Fourier (TDF) 554
- 19.6 Transformada rápida de Fourier 556
- 19.7 El espectro de potencia 563
- 19.8 Ajuste de curvas con librerías y paquetes 564
- Problemas 576

CAPÍTULO 20 **Aplicaciones en ingeniería: ajuste de curvas 578**

- 20.1 Regresión lineal y modelos de población (ingeniería química/petrolera) 578
- 20.2 Uso de segmentarias para estimar la transferencia de calor (ingeniería civil/ambiental) 582
- 20.3 Análisis de Fourier (ingeniería eléctrica) 583
- 20.4 Análisis de datos experimentales (ingeniería mecánica/aeroespacial) 585
- Problemas 587

- EPÍLOGO: PARTE CINCO 594**
- PT 5.4 Elementos de juicio 594
- PT 5.5 Relaciones importantes y fórmulas 595
- PT 5.6 Métodos avanzados y referencias adicionales 597

PARTE SEIS

DIFERENCIACIÓN NUMÉRICA E INTEGRACIÓN 601

- PT 6.1 Motivación 601
- PT 6.2 Antecedentes matemáticos 611
- PT 6.3 Orientación 613

CAPÍTULO 21 **Fórmulas de integración de Newton-Cotes 617**

- 21.1 La regla trapezoidal 619
- 21.2 Reglas de Simpson 630

- 21.3 Integración con segmentos desiguales 640
 21.4 Fórmulas de integración abierta 643
 Problemas 644

CAPÍTULO 22 **Integración de ecuaciones 646**

- 22.1 Algoritmos de Newton-Cotes para ecuaciones 646
 22.2 Integración de Romberg 647
 22.3 Cuadratura de Gauss 653
 22.4 Integrales impropias 661
 Problemas 665

CAPÍTULO 23 **Diferenciación numérica 666**

- 23.1 Diferenciación de fórmulas con alta exactitud 666
 23.2 Extrapolación de Richardson 669
 23.3 Derivadas de datos desigualmente espaciados 671
 23.4 Derivadas e integrales para datos con errores 672
 23.5 Integración/diferenciación numérica con librerías y paquetes 674
 Problemas 678

CAPÍTULO 24 **Aplicaciones en la ingeniería: integración numérica y diferenciación 680**

- 24.1 Integración para determinar la cantidad total de calor (ingeniería química/ petrolera) 680
 24.2 Fuerza efectiva sobre el mástil de un bote de carreras (ingeniería civil/ ambiental) 682
 24.3 Raíz media cuadrática de la corriente por integración numérica (ingeniería eléctrica) 685
 24.4 Integración numérica para calcular el trabajo (ingeniería mecánica/ aeroespacial) 687
 Problemas 691

EPÍLOGO: PARTE SEIS 698

- PT 6.4 Elementos de juicio 698
 PT 6.5 Relaciones importantes y fórmulas 699
 PT 6.6 Métodos avanzados y referencias adicionales 699

PARTE SIETE

ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS 703

- PT 7.1 Motivación 703
 PT 7.2 Antecedentes matemáticos 706
 PT 7.3 Orientación 709

CAPÍTULO 25 **Métodos de Runge-Kutta 714**

- 25.1 Método de Euler 715
 25.2 Mejoras del método de Euler 728
 25.3 Métodos de Runge-Kutta 736

- 25.4 Sistemas de ecuaciones 748
 25.5 Métodos adaptativos de Runge-Kutta 753
 Problemas 761

CAPÍTULO 26**Métodos rígidos y de multipaso 763**

- 26.1 Rigidez 763
 26.2 Métodos multipaso 767
 Problemas 788

CAPÍTULO 27**Problemas de valores en la frontera y de valores propios 790**

- 27.1 Métodos generales para problemas de valores en la frontera 791
 27.2 Problemas de valores propios 797
 27.3 EDO y valores propios con librerías y paquetes 815
 Problemas 823

CAPÍTULO 28**Aplicaciones en ingeniería: ecuaciones diferenciales ordinarias 825**

- 28.1 Uso de EDO para analizar la respuesta transitoria de un reactor (ingeniería química/petrolera) 825
 28.2 Modelos depredador-presa y caos (ingeniería civil/ambiental) 832
 28.3 Simulación de corriente transitoria para un circuito eléctrico (ingeniería eléctrica) 835
 28.4 El péndulo oscilante (ingeniería mecánica/aeroespacial) 841
 Problemas 845

EPÍLOGO: PARTE SIETE 849

- PT 7.4 Elementos de juicio 849
 PT 7.5 Relaciones y fórmulas importantes 850
 PT 7.6 Métodos avanzados y referencias adicionales 850

PARTE OCHO**ECUACIONES
 DIFERENCIALES
 PARCIALES 855**

- PT 8.1 Motivación 855
 PT 8.2 Orientación 859

CAPÍTULO 29**Diferencias finitas: ecuaciones elípticas 862**

- 29.1 La ecuación de Laplace 862
 29.2 Técnica de solución 864
 29.3 Condiciones en la frontera 871
 29.4 La aproximación del volumen de control 877
 29.5 Software para resolver ecuaciones elípticas 880
 Problemas 881

CAPÍTULO 30**Diferencias finitas: ecuaciones parabólicas 883**

- 30.1 Ecuación de conducción del calor 883
 30.2 Métodos explícitos 884

- 30.3 Un método implícito simple 889
- 30.4 El método de Crank-Nicolson 892
- 30.5 Ecuaciones parabólicas en dos dimensiones espaciales 895
- Problemas 899

CAPÍTULO 31

Método del elemento finito 900

- 31.1 El enfoque general 901
- 31.2 Aplicación del elemento finito en una dimensión 905
- 31.3 Problemas en dos dimensiones 914
- 31.4 EDP con librerías y paquetes 918
- Problemas 927

CAPÍTULO 32

Aplicaciones en ingeniería: ecuaciones diferenciales parciales 928

- 32.1 Balance de masa en una dimensión de un reactor (ingeniería química/ petrolera) 928
- 32.2 Deflexiones de una placa (ingeniería civil/ambiental) 933
- 32.3 Problemas de campo electrostático en dos dimensiones (ingeniería eléctrica) 935
- 32.4 Solución por elemento finito a una serie de resortes (ingeniería mecánica/ aeroespacial) 938
- Problemas 942

EPÍLOGO: PARTE OCHO 944

- PT 8.3 Elementos de juicio 944
- PT 8.4 Relaciones y fórmulas importantes 945
- PT 8.5 Métodos avanzados y referencias adicionales 945

APÉNDICE A: LAS SERIES DE FOURIER 946

APÉNDICE B: EMPECEMOS CON MATHCAD 948

APÉNDICE C: EMPECEMOS CON MATHLAB 958

BIBLIOGRAFÍA 967

ÍNDICE 971