

# Contenido breve

Prefacio xi

**CAPÍTULO UNO** Introducción 1

## **SECCIÓN UNO**

---

### Mediciones básicas 25

**CAPÍTULO DOS** Componentes y circuitos eléctricos 26

**CAPÍTULO TRES** Amplificadores operacionales en los instrumentos químicos 59

**CAPÍTULO CUATRO** Electrónica digital y computadoras 80

**CAPÍTULO CINCO** Señales y ruido 110

**Análisis instrumental en acción**  
**El laboratorio analítico electrónico** 127

## **SECCIÓN DOS**

---

### Espectroscopía atómica 131

**CAPÍTULO SEIS** Introducción a los métodos espectrométricos 132

**CAPÍTULO SIETE** Componentes de los instrumentos ópticos 164

**CAPÍTULO OCHO** Introducción a la espectrometría óptica atómica 215

**CAPÍTULO NUEVE** Espectrometría de absorción atómica y de fluorescencia atómica 230

**CAPÍTULO DIEZ** Espectrometría de emisión atómica 254

**CAPÍTULO ONCE** Espectrometría de masas atómica 281

**CAPÍTULO DOCE** Espectroscopía atómica de rayos X 303

**Análisis instrumental en acción**  
**Control de mercurio** 332

## **SECCIÓN TRES**

---

### Espectroscopía molecular 335

**CAPÍTULO TRECE** Introducción a la espectrometría por absorción molecular ultravioleta-visible 336

**CAPÍTULO CATORCE** Aplicaciones de la espectrometría por absorción molecular en las regiones ultravioleta y visible 367

**CAPÍTULO QUINCE** Espectrometría molecular por luminiscencia 399

**CAPÍTULO DIECISÉIS** Introducción a la espectrometría infrarroja 430

**CAPÍTULO DIECISIETE** Aplicaciones de la espectrometría en el infrarrojo 455

**CAPÍTULO DIECIOCHO** Espectroscopía Raman 481

**CAPÍTULO DIECINUEVE** Espectroscopía de resonancia magnética nuclear 498

**CAPÍTULO VEINTE** Espectrometría de masas molecular 550

**CAPÍTULO VEINTIUNO** Caracterización de superficies por espectroscopía y microscopía 589

**Análisis instrumental en acción**  
**Evaluación de la autenticidad del mapa de Vinland: análisis de superficie al servicio de la historia, el arte y la medicina forense** 624

## SECCIÓN CUATRO

---

# Química electroanalítica 627

**CAPÍTULO VEINTIDÓS** Introducción a la química electroanalítica 628

**CAPÍTULO VEINTITRÉS** Potenciometría 659

**CAPÍTULO VEINTICUATRO** Coulombimetría 697

**CAPÍTULO VEINTICINCO** Voltimetría 716

**Análisis instrumental en acción**  
**Medición de las partes para entender el todo: el microfisiómetro** 757

## SECCIÓN CINCO

---

# Métodos de separación 761

**CAPÍTULO VEINTISÉIS** Introducción a las separaciones cromatográficas 762

**CAPÍTULO VEINTISIETE** Cromatografía de gases 788

**CAPÍTULO VEINTIOCHO** Cromatografía de líquidos 816

**CAPÍTULO VEINTINUEVE** Cromatografía y extracción con fluidos supercríticos 856

**CAPÍTULO TREINTA** Electroforesis capilar, electrocromatografía capilar y fraccionamiento por flujo y campo 867

**Análisis instrumental en acción:**  
**Encontrando la acrilamida** 890

## SECCIÓN SEIS

---

# Métodos diversos 893

**CAPÍTULO TREINTA Y UNO** Métodos térmicos 894

**CAPÍTULO TREINTA Y DOS** Métodos radioquímicos 909

**CAPÍTULO TREINTA Y TRES** Métodos automatizados de análisis 929

**CAPÍTULO TREINTA Y CUATRO** Determinación del tamaño de partícula 950

**Análisis instrumental en acción**  
**El caso John Vollman** 964

**APÉNDICE UNO** Evaluación de datos analíticos 967

**APÉNDICE DOS** Coeficientes de actividad 994

**APÉNDICE TRES** Algunos potenciales estándar y formales de electrodo 997

**APÉNDICE CUATRO** Compuestos recomendados para la preparación de disoluciones patrón de algunos elementos comunes 1001

Respuestas a problemas seleccionados 1003

Índice 1011

# Contenido

Prefacio xi

## **CAPÍTULO UNO**

### **Introducción 1**

- 1A Clasificación de métodos analíticos 1
- 1B Tipos de métodos instrumentales 2
- 1C Instrumentos para análisis 3
- 1D Calibración de métodos instrumentales 11
- 1E Elección de un método analítico 17
- Preguntas y problemas 22

## **SECCIÓN UNO**

---

### **Mediciones básicas 25**

## **CAPÍTULO DOS**

### **Componentes y circuitos eléctricos 26**

- 2A Circuitos de corriente directa y mediciones 26
- 2B Circuitos de corriente alterna 32
- 2C Semiconductores y dispositivos con semiconductores 43
- 2D Suministros de potencia y reguladores 49
- 2E Dispositivos de lectura 51
- Preguntas y problemas 54

## **CAPÍTULO TRES**

### **Amplificadores operacionales en los instrumentos químicos 59**

- 3A Propiedades de los amplificadores operacionales 59
- 3B Circuitos para los amplificadores operacionales 62
- 3C Amplificación y medición de las señales de los transductores 66
- 3D Aplicaciones de los amplificadores operacionales al control del voltaje y la corriente 70
- 3E Aplicación de amplificadores operacionales a operaciones matemáticas 71
- 3F Amplificadores operacionales como comparadores 74

Preguntas y problemas 74

## **CAPÍTULO CUATRO**

### **Electrónica digital y computadoras 80**

- 4A Señales analógicas y digitales 81
- 4B Conteo y cálculos aritméticos con números binarios 81
- 4C Circuitos digitales elementales 83
- 4D Computadoras e instrumentos computarizados 90
- 4E Componentes de una computadora 92
- 4F Programas para las computadoras 97
- 4G Aplicaciones de las computadoras 103
- 4H Redes de computadoras 104
- Preguntas y problemas 108

## **CAPÍTULO CINCO**

### **Señales y ruido 110**

- 5A La relación señal/ruido 110
- 5B Fuentes de ruido en análisis instrumental 111
- 5C Intensificación de la relación señal/ruido 113
- Preguntas y problemas 124
- Análisis instrumental en acción**
- El laboratorio analítico electrónico 127**

## **SECCIÓN DOS**

---

### **Espectroscopía atómica 131**

## **CAPÍTULO SEIS**

### **Introducción a los métodos espectrométricos 132**

- 6A Propiedades generales de la radiación electromagnética 132
- 6B Propiedades ondulatorias de la radiación electromagnética 133
- 6C Propiedades mecánico-cuánticas de la radiación 144

- 6D Aspectos cuantitativos de las mediciones espectroquímicas 157
- Preguntas y problemas 159

#### **CAPÍTULO SIETE**

### **Componentes de los instrumentos ópticos 164**

- 7A Diseños generales de instrumentos ópticos 164
- 7B Fuentes de radiación 166
- 7C Selectores de longitud de onda 175
- 7D Recipientes para las muestras 190
- 7E Transductores de radiación 191
- 7F Procesadores de señales y sistemas de lectura 202
- 7G Fibras ópticas 202
- 7H Tipos de instrumentos ópticos 203
- 7I Principios de las mediciones ópticas de transformada de Fourier 204
- Preguntas y problemas 212

#### **CAPÍTULO OCHO**

### **Introducción a la espectrometría óptica atómica 215**

- 8A Espectros ópticos atómicos 215
- 8B Métodos de atomización 223
- 8C Métodos de introducción de la muestra 223
- Preguntas y problemas 228

#### **CAPÍTULO NUEVE**

### **Espectrometría de absorción atómica y de fluorescencia atómica 230**

- 9A Técnicas de atomización de muestras 230
- 9B Instrumentación de absorción atómica 237
- 9C Interferencias en espectroscopía de absorción atómica 241
- 9D Técnicas analíticas de absorción atómica 247
- 9E Espectroscopía de fluorescencia atómica 249
- Preguntas y problemas 250

#### **CAPÍTULO DIEZ**

### **Espectrometría de emisión atómica 254**

- 10A Espectroscopía de emisión con fuentes de plasma 255
- 10B Espectroscopía de emisión con fuentes de arco y chispa 269
- 10C Fuentes diversas para espectroscopía de emisión óptica 273
- Preguntas y problemas 276

#### **CAPÍTULO ONCE**

### **Espectrometría de masas atómica 281**

- 11A Algunos aspectos generales de la espectrometría de masas atómica 281
- 11B Espectrómetros de masas 283
- 11C Espectrometría de masas con plasma acoplado por inducción 291
- 11D Espectrometría de masas con fuente de chispa 299
- 11E Espectrometría de masas con descarga luminiscente 300
- 11F Otros métodos espectrométricos de masas 301
- Preguntas y problemas 301

#### **CAPÍTULO DOCE**

### **Espectroscopía atómica de rayos X 303**

- 12A Principios fundamentales 303
- 12B Componentes de los instrumentos 310
- 12C Métodos de fluorescencia de rayos X 317
- 12D Métodos de absorción de rayos X 325
- 12E Microsonda de electrones 328
- Preguntas y problemas 328
- Análisis instrumental en acción**
- Control de mercurio 332**

#### **SECCIÓN TRES**

---

## **Espectroscopía molecular 335**

#### **CAPÍTULO TRECE**

### **Introducción a la espectrometría por absorción molecular ultravioleta y visible 336**

- 13A Medición de la transmitancia y la absorbancia 336
- 13B Ley de Beer 337
- 13C Efectos del ruido instrumental en los análisis espectrofotométricos 343
- 13D Instrumentación 348
- Preguntas y problemas 362

#### **CAPÍTULO CATORCE**

### **Aplicaciones de la espectrometría por absorción molecular en las regiones ultravioleta y visible 367**

- 14A La magnitud de las absorptividades molares 367
- 14B Especies absorbentes 367

- 14C Aplicaciones cualitativas de la espectroscopía de absorción en las regiones ultravioleta y visible 372
- 14D Análisis cuantitativo mediante mediciones de absorción 374
- 14E Titulaciones fotométricas y espectrofotométricas 379
- 14F Métodos espectrofotométricos cinéticos 381
- 14G Estudios espectrofotométricos de iones complejos 384  
Preguntas y problemas 390

**CAPÍTULO QUINCE****Espectrometría molecular por luminiscencia 399**

- 15A Teoría de la fluorescencia y la fosforescencia 400
- 15B Instrumentos para medir fluorescencia y fosforescencia 411
- 15C Aplicaciones de los métodos fotoluminiscentes 418
- 15D Quimioluminiscencia 422  
Preguntas y problemas 426

**CAPÍTULO DIECISÉIS****Introducción a la espectrometría infrarroja 430**

- 16A Teoría de la espectrometría de absorción en el infrarrojo 431
- 16B Instrumentos para el infrarrojo 438
- 16C Fuentes y transductores de infrarrojo 449  
Preguntas y problemas 452

**CAPÍTULO DIECISIETE****Aplicaciones de la espectrometría en el infrarrojo 455**

- 17A Espectrometría de absorción en el infrarrojo medio 455
- 17B Espectrometría de reflexión en el infrarrojo medio 469
- 17C Espectroscopía fotoacústica en el infrarrojo 472
- 17D Espectroscopía en el infrarrojo cercano 473
- 17E Espectroscopía en el infrarrojo lejano 476
- 17F Espectroscopía de emisión en el infrarrojo 476
- 17G Microespectrometría en el infrarrojo 477  
Preguntas y problemas 477

**CAPÍTULO DIECIOCHO****Espectroscopía Raman 481**

- 18A Teoría de la espectroscopía Raman 481
- 18B Instrumentos 487

- 18C Aplicaciones de la espectroscopía Raman 492
- 18D Otros tipos de espectroscopía Raman 493  
Preguntas y problemas 495

**CAPÍTULO DIECINUEVE****Espectroscopía de resonancia magnética nuclear 498**

- 19A Teoría de la resonancia magnética nuclear 499
- 19B Efectos del entorno en los espectros de resonancia magnética nuclear 510
- 19C Espectrómetros de resonancia magnética nuclear 521
- 19D Aplicaciones de la RMN de protones 526
- 19E Resonancia magnética nuclear del carbono 13 529
- 19F Aplicación de la resonancia magnética nuclear a otros núcleos 533
- 19G Impulsos múltiples y resonancia magnética nuclear multidimensional 534
- 19H Estudios de imágenes por resonancia magnética 537  
Preguntas y problemas 542

**CAPÍTULO VEINTE****Espectrometría de masas molecular 550**

- 20A Espectros de masas molecular 551
- 20B Fuentes de iones 551
- 20C Espectrómetros de masas 563
- 20D Aplicaciones de la espectrometría de masas molecular 577
- 20E Aplicaciones cuantitativas de la espectrometría de masas 583  
Preguntas y problemas 585

**CAPÍTULO VEINTIUNO****Caracterización de superficies por espectroscopía y microscopía 589**

- 21A Introducción al estudio de las superficies 589
- 21B Métodos espectroscópicos para superficies 590
- 21C Espectroscopía de electrones 591
- 21D Técnicas espectroscópicas con iones 602
- 21E Métodos espectroscópicos de fotones para superficies 604
- 21F Métodos de microanálisis estimulados por electrones 607
- 21G Microscopios de sonda de barrido 613  
Preguntas y problemas 622

**Análisis instrumental en acción**

**Evaluación de la autenticidad del mapa de Vinland: los análisis de las superficies al servicio de la historia, el arte y las ciencias forenses 624**

**SECCIÓN CUATRO****Química electroanalítica 627****CAPÍTULO VEINTIDÓS****Introducción a la química electroanalítica 628**

- 22A Celdas electroquímicas 628
- 22B Potenciales en celdas electroanalíticas 633
- 22C Potenciales de electrodo 635
- 22D Cálculo de potenciales de celda a partir de potenciales de electrodo 645
- 22E Corrientes en celdas electroquímicas 647
- 22F Tipos de métodos electroanalíticos 653
- Preguntas y problemas 653

**CAPÍTULO VEINTITRÉS****Potenciometría 659**

- 23A Principios generales 659
- 23B Electrodo de referencia 660
- 23C Electrodo indicadores metálicos 662
- 23D Electrodo indicadores de membrana 664
- 23E Transistores de efecto de campo selectivos de iones 675
- 23F Sistemas de electrodo sensible a moléculas 677
- 23G Instrumentos para medir potenciales de celda 684
- 23H Medidas potenciométricas directas 686
- 23I Titulaciones potenciométricas 691
- Preguntas y problemas 692

**CAPÍTULO VEINTICUATRO****Coulombimetría 697**

- 24A Relaciones corriente-voltaje durante la electrólisis 697
- 24B Introducción a los métodos coulombimétricos de análisis 701
- 24C Coulombimetría a potencial controlado 703
- 24D Titulaciones coulombimétricas 707
- Preguntas y problemas 712

**CAPÍTULO VEINTICINCO****Voltametría 716**

- 25A Señales de excitación en voltametría 717
- 25B Instrumentos en voltametría 718
- 25C Voltametría hidrodinámica 723
- 25D Voltametría cíclica 737
- 25E Voltametría de pulsos 742

- 25F Voltametría de alta frecuencia y alta velocidad 745
- 25G Aplicaciones de la voltametría 746
- 25H Métodos de redisolución 748
- 25I Voltametría con microelectrodos 751
- Preguntas y problemas 753

**Análisis instrumental en acción****Medición de las partes para entender el todo: el microfisiómetro 757****SECCIÓN CINCO****Métodos de separación 761****CAPÍTULO VEINTISÉIS****Introducción a las separaciones cromatográficas 762**

- 26A Descripción general de la cromatografía 762
- 26B Velocidades de migración de los solutos 765
- 26C Ensanchamiento de banda y eficiencia de la columna 768
- 26D Mejoramiento del rendimiento de la columna 775
- 26E Resumen de las ecuaciones cromatográficas 781
- 26F Aplicaciones de la cromatografía 781
- Preguntas y problemas 785

**CAPÍTULO VEINTISIETE****Cromatografía de gases 788**

- 27A Principios de la cromatografía gas-líquido 788
- 27B Instrumentos para la cromatografía gas-líquido 789
- 27C Columnas para cromatografía de gases y fases estacionarias 800
- 27D Aplicaciones de la cromatografía de gases 806
- 27E Innovaciones en cromatografía de gases 808
- 27F Cromatografía gas-sólido 810
- Preguntas y problemas 811

**CAPÍTULO VEINTIOCHO****Cromatografía de líquidos 816**

- 28A Campo de aplicación de la cromatografía de líquidos de alta resolución 816
- 28B Eficiencia de la columna en la cromatografía de líquidos 817
- 28C Instrumentos para cromatografía de líquidos 818
- 28D Cromatografía de reparto 828
- 28E Cromatografía de adsorción 837

- 28F Cromatografía iónica 839  
 28G Cromatografía de exclusión por tamaño 844  
 28H Cromatografía por afinidad 848  
 28I Cromatografía en capa fina 848  
 Preguntas y problemas 851

**CAPÍTULO VEINTINUEVE****Cromatografía y extracción con fluidos supercríticos 856**

- 29A Propiedades de los fluidos supercríticos 856  
 29B Cromatografía de fluidos supercríticos 857  
 29C Extracción con fluidos supercríticos 862  
 Preguntas y problemas 865

**CAPÍTULO TREINTA****Electroforesis capilar, electrocromatografía capilar y fraccionamiento por flujo y campo 867**

- 30A Panorama de la electroforesis 867  
 30B Electroforesis capilar 868  
 30C Aplicaciones de la electroforesis capilar 875  
 30D Electrocromatografía en columna empacada 883  
 30E Fraccionamiento por flujo y campo 884  
 Preguntas y problemas 888  
**Análisis instrumental en acción**  
**Encontrando la acrilamida 890**

**SECCIÓN SEIS****Métodos diversos 893****CAPÍTULO TREINTA Y UNO****Métodos térmicos 894**

- 31A Análisis termogravimétrico 894  
 31B Análisis térmico diferencial 898  
 31C Calorimetría de barrido diferencial 900  
 31D Análisis microtérmico 904  
 Preguntas y problemas 906

**CAPÍTULO TREINTA Y DOS****Métodos radioquímicos 909**

- 32A Núclidos radiactivos 909  
 32B Instrumentos 916  
 32C Métodos de activación de neutrones 918

- 32D Métodos de dilución isotópica 924  
 Preguntas y problemas 925

**CAPÍTULO TREINTA Y TRES****Métodos automatizados de análisis 929**

- 33A Panorama general 929  
 33B Análisis por inyección en flujo 931  
 33C Microflujos 940  
 33D Sistemas automáticos discretos 942  
 Preguntas y problemas 948

**CAPÍTULO TREINTA Y CUATRO****Determinación del tamaño de partícula 950**

- 34A Introducción al análisis del tamaño de partícula 950  
 34B Dispersión de luz láser de ángulo bajo 951  
 34C Dispersión dinámica de luz 955  
 34D Fotosedimentación 958  
 Preguntas y problemas 962  
**Análisis instrumental en acción**  
**El caso John Vollman 964**

**APÉNDICE 1 Evaluación de datos analíticos 967**

- a1A Precisión y exactitud 967  
 a1B Tratamiento estadístico de los errores aleatorios 971  
 a1C Pruebas de hipótesis 983  
 a1D Método de mínimos cuadrados 985  
 Preguntas y problemas 988

**APÉNDICE 2 Coeficientes de actividad 994**

- a2A Propiedades de los coeficientes de actividad 994  
 a2B Evaluación experimental de los coeficientes de actividad 995  
 a2C La ecuación de Debye-Hückel 995

**APÉNDICE 3 Algunos potenciales estándar y formales de electrodo 997****APÉNDICE 4 Compuestos recomendados para la preparación de disoluciones patrón de algunos elementos comunes 1001**

Respuestas a problemas seleccionados 1003

Índice 1011