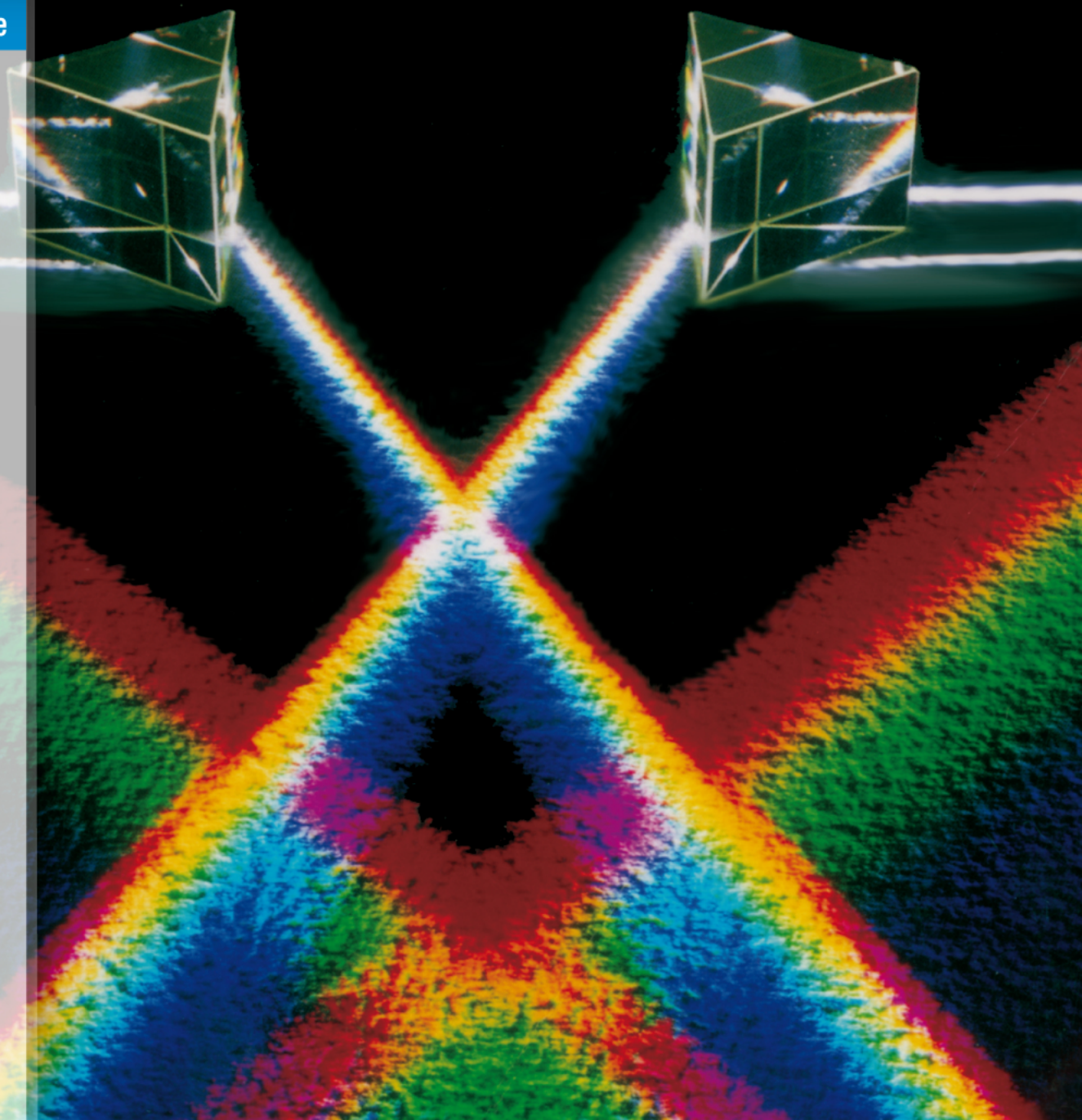


SKOOG • HOLLER • CROUCH

Chimica Analitica Strumentale

II edizione



Chimica analitica strumentale

SECONDA EDIZIONE

Chimica analitica strumentale

Douglas A. Skoog

Stanford University

F. James Holler

University of Kentucky

Stanley R. Crouch

Michigan State University

Edizione italiana a cura di:

Luigia Sabbatini

Università degli Studi di Bari



Titolo originale:

Douglas A. Skoog, F. James Holler and Stanley R. Crouch
PRINCIPLES OF INSTRUMENTAL ANALYSIS - VI ed.
Copyright © 2007, 1998, Thomson Brooks/Cole

CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE - II ed.
Copyright © 2009, 1995, EdiSES Edizioni S.r.l - Napoli

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

L'Editore ha effettuato quanto in suo potere per richiedere il permesso di riproduzione del materiale di cui non è titolare del copyright e resta comunque a disposizione di tutti gli eventuali aventi diritto

Edizione italiana a cura di:

Luigia SABBATINI
Università degli Studi di Bari

Traduzione a cura di:

Mariagrazia MANZARI
Jolanda MONTERISI

Fotocomposizione: EdiSES Edizioni S.r.l. - Napoli

Stampato presso la
PrintSprint S.r.l. – Napoli

per conto della

EdiSES Edizioni S.r.l. - Piazza Dante Alighieri, 89 - Napoli

www.edisesuniversita.it

assistenza.edises.it

ISBN 978 88 7959 342 7

I curatori, l'editore e tutti coloro in qualche modo coinvolti nella preparazione o pubblicazione di quest'opera hanno posto il massimo impegno per garantire che le informazioni ivi contenute siano corrette, compatibilmente con le conoscenze disponibili al momento della stampa; essi, tuttavia, non possono essere ritenuti responsabili dei risultati dell'utilizzo di tali informazioni e restano a disposizione per integrare la citazione delle fonti, qualora incompleta o imprecisa.

Realizzare un libro è un'operazione complessa e, nonostante la cura e l'attenzione poste dagli autori e da tutti gli addetti coinvolti nella lavorazione dei testi, l'esperienza ci insegna che è praticamente impossibile pubblicare un volume privo di imprecisioni. Saremo grati ai lettori che vorranno inviarci le loro segnalazioni e/o suggerimenti migliorativi sulla piattaforma assistenza.edises.it

Sommario

Prefazione xiii

CAPITOLO UNO Introduzione 1

SEZIONE UNO

Le basi della misura 25

CAPITOLO DUE Circuiti elettrici e loro componenti 26

CAPITOLO TRE Gli amplificatori operazionali
nella strumentazione chimica 59

CAPITOLO QUATTRO Elettronica digitale
ed elaboratori 80

CAPITOLO CINQUE Segnali e rumore 110
**Analisi strumentale in evoluzione –
Il laboratorio analitico elettronico** 127

SEZIONE DUE

Spettroscopia atomica 131

CAPITOLO SEI Introduzione ai metodi
spettrometrici 132

CAPITOLO SETTE Componenti degli strumenti
ottici 164

CAPITOLO OTTO Introduzione alla spettrometria
atomica ottica 215

CAPITOLO NOVE Spettrometria di assorbimento
e di fluorescenza atomica 230

CAPITOLO DIECI Spettrometria di emissione
atomica 254

CAPITOLO UNDICI Spettrometria di massa atomica 281

CAPITOLO DODICI Spettrometria atomica a raggi X 303
**Analisi strumentale in evoluzione –
Monitoraggio del mercurio** 332

SEZIONE TRE

Spettroscopia molecolare 335

CAPITOLO TREDICI Introduzione alla spettrometria
di assorbimento molecolare nell'ultravioletto
e nel visibile 336

CAPITOLO QUATTORDICI Applicazioni della spettrometria
di assorbimento molecolare nell'ultravioletto
e nel visibile 367

CAPITOLO QUINDICI Spettrometria di luminescenza
molecolare 399

CAPITOLO SEDICI Introduzione alla spettrometria
infrarossa 430

CAPITOLO DICIASSETTE Applicazioni della spettrometria
infrarossa 455

CAPITOLO DICOTTO Spettroscopia Raman 481

CAPITOLO DICIANNOVE Spettroscopia di risonanza
magnetica nucleare 498

CAPITOLO VENTI Spettrometria di massa
molecolare 550

CAPITOLO VENTUNO Caratterizzazione di superfici
mediante spettroscopia e microscopia 589

**Analisi strumentale in evoluzione –
Accertamento di autenticità della mappa
di Vinland: analisi di superficie al servizio
di storia, arte e scienza forense** 624

SEZIONE QUATTRO

Chimica elettroanalitica 627

CAPITOLO VENTIDUE Introduzione alla chimica elettroanalitica 628

CAPITOLO VENTITRE Potenzimetria 659

CAPITOLO VENTIQUATTRO Coulombometria 697

CAPITOLO VENTICINQUE Voltammetria 716

**Analisi strumentale in evoluzione –
Misurare le parti per comprendere
il tutto: il microfisiometro 757**

SEZIONE CINQUE

Metodi di separazione 761

CAPITOLO VENTISEI Introduzione alle separazioni cromatografiche 762

CAPITOLO VENTISETTE Gascromatografia 788

CAPITOLO VENTOTTO Cromatografia liquida 816

CAPITOLO VENTINOVE Cromatografia ed estrazione con fluido supercritico 856

CAPITOLO TRENTA Elettroforesi capillare, elettrocromatografia capillare e frazionamento in flusso in presenza di campo 867

**Analisi strumentale in evoluzione –
Alla scoperta dell'acrilammide 890**

SEZIONE SEI

Metodi misti 893

CAPITOLO TRENTUNO Metodi termici 894

CAPITOLO TRENTADUE Metodi radiochimici 909

CAPITOLO TRENTATRE Metodi di analisi automatizzati 929

CAPITOLO TRENTAQUATTRO Determinazione delle dimensioni delle particelle 950

**Analisi strumentale in evoluzione –
Il caso John Vollman 964**

APPENDICE UNO Valutazione dei dati analitici 967

APPENDICE DUE Coefficienti di attività 994

APPENDICE TRE Alcuni valori di potenziali elettrodi standard e formali 997

APPENDICE QUATTRO Composti suggeriti per la preparazione delle soluzioni standard di alcuni elementi comuni 1001

Risposte a problemi selezionati 1003

Indice analitico 1011

Indice dei contenuti

Prefazione xiii

CAPITOLO UNO

Introduzione 1

- 1A Classificazione dei metodi analitici 1
- 1B Tipi di metodi strumentali 2
- 1C Strumenti per l'analisi 3
- 1D Calibrazione di metodi strumentali 11
- 1E La scelta di un metodo analitico 17
 - Domande e problemi 22

SEZIONE UNO

Le basi della misura 25

CAPITOLO DUE

Circuiti elettrici e loro componenti 26

- 2A Circuiti e procedimenti di misura in corrente continua 26
- 2B Circuiti in corrente alternata 32
- 2C Semiconduttori e dispositivi a semiconduttori 43
- 2D Alimentatori e regolatori 49
- 2E Dispositivi di presentazione dei segnali 51
 - Domande e problemi 54

CAPITOLO TRE

Gli amplificatori operazionali nella strumentazione chimica 59

- 3A Proprietà degli amplificatori operazionali 59
- 3B Circuiti che utilizzano amplificatori operazionali 62
- 3C Amplificazione e misura dei segnali dei trasduttori 65
- 3D Applicazione degli amplificatori operazionali al controllo della tensione e della corrente 70
- 3E Applicazione degli amplificatori operazionali alle operazioni matematiche 71

- 3F Applicazioni degli amplificatori operazionali per la comparazione di segnali 74
 - Domande e problemi 74

CAPITOLO QUATTRO

Elettronica digitale ed elaboratori 80

- 4A Segnali analogici e digitali 81
- 4B Metodi di conteggio e aritmetica con la numerazione binaria 81
- 4C Componenti fondamentali di un circuito digitale 83
- 4D Elaboratori e strumenti accoppiati ad elaboratori 90
- 4E Componenti di un elaboratore 92
- 4F Software dell'elaboratore 95
- 4G Applicazioni degli elaboratori 103
- 4H Reti di elaboratori 104
 - Domande e problemi 108

CAPITOLO CINQUE

Segnali e rumore 110

- 5A Rapporto segnale/rumore 110
- 5B Sorgenti di rumore nelle analisi strumentali 111
- 5C Incremento del rapporto segnale/rumore 113
 - Domande e problemi 124
 - Analisi strumentale in evoluzione – Il laboratorio analitico elettronico 127

SEZIONE DUE

Spettroscopia atomica 131

CAPITOLO SEI

Introduzione ai metodi spettrometrici 132

- 6A Proprietà generali della radiazione elettromagnetica 132
- 6B Proprietà ondulatorie della radiazione elettromagnetica 133

- 6C Le proprietà quanto-meccaniche della radiazione 144
- 6D Aspetti quantitativi delle misure spettrochimiche 157
- Domande e problemi 159

CAPITOLO SETTE

Componenti degli strumenti ottici 164

- 7A Caratteristiche generali degli strumenti ottici 164
- 7B Sorgenti di radiazioni 166
- 7C Selettori di lunghezza d'onda 175
- 7D Contenitori del campione 190
- 7E Trasduttori di radiazione 191
- 7F Elaboratori e indicatori di segnale 202
- 7G Ottiche a fibre 202
- 7H Tipi di strumenti ottici 203
- 7I Principi delle misure ottiche in trasformata di Fourier 204
- Domande e problemi 212

CAPITOLO OTTO

Introduzione alla spettrometria atomica ottica 215

- 8A Spettri atomici ottici 215
- 8B Metodi di atomizzazione 223
- 8C Metodi di introduzione del campione 223
- Domande e problemi 228

CAPITOLO NOVE

Spettrometria di assorbimento e di fluorescenza atomica 230

- 9A Tecniche di atomizzazione del campione 230
- 9B Strumenti per l'assorbimento atomico 237
- 9C Interferenze nella spettroscopia di assorbimento atomico 241
- 9D Tecniche analitiche della spettroscopia di assorbimento atomico 247
- 9E Spettroscopia di fluorescenza atomica 249
- Domande e problemi 250

CAPITOLO DIECI

Spettrometria di emissione atomica 254

- 10A Spettroscopia di emissione con sorgenti a plasma 255
- 10B Spettroscopia di emissione con sorgenti ad arco e a scintilla 269
- 10C Sorgenti eterogenee per la spettroscopia di emissione ottica 273
- Domande e problemi 276

CAPITOLO UNDICI

Spettrometria di massa atomica 281

- 11A Caratteristiche della spettrometria di massa atomica 281
- 11B Lo spettrometro di massa 283
- 11C Spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente 291
- 11D Spettrometria di massa con sorgente a scintilla 299
- 11E Spettrometria di massa con sorgente a scarica a bagliore 300
- 11F Altri metodi di spettrometria di massa 301
- Domande e problemi 301

CAPITOLO DODICI

Spettrometria atomica a raggi X 303

- 12A Principi fondamentali 303
- 12B Componenti della strumentazione 310
- 12C Metodi di fluorescenza a raggi X 317
- 12D Metodi di assorbimento di raggi X 325
- 12E La microsonda elettronica 328
- Domande e problemi 328
- Analisi strumentale in evoluzione – Monitoraggio del mercurio 332

SEZIONE TRE

Spettroscopia molecolare 335

CAPITOLO TREDICI

Introduzione alla spettrometria di assorbimento molecolare nell'ultravioletto e nel visibile 336

- 13A Misurazione della trasmittanza e dell'assorbanza 336
- 13B La legge di Beer 337
- 13C Effetti del rumore strumentale sulle analisi spettrofotometriche 343
- 13D Strumentazione 348
- Domande e problemi 362

CAPITOLO QUATTORDICI

Applicazioni della spettrometria di assorbimento molecolare nell'ultravioletto e nel visibile 367

- 14A Ordine di grandezza delle assorbività molari 367
- 14B Specie assorbenti 367

- 14C Applicazioni qualitative della spettroscopia di assorbimento nell'ultravioletto/visibile 372
- 14D Analisi quantitative mediante misurazioni dell'assorbimento 374
- 14E Titolazioni fotometriche e spettrofotometriche 379
- 14F Metodi cinetici spettrofotometrici 381
- 14G Studi spettrofotometrici di ioni complessi 384
Domande e problemi 390

CAPITOLO QUINDICI

Spettrometria di luminescenza molecolare 399

- 15A Teoria della fluorescenza e della fosforescenza 400
- 15B Strumenti per misurare la fluorescenza e la fosforescenza 411
- 15C Applicazioni dei metodi di fotoluminescenza 418
- 15D Chemiluminescenza 422
Domande e problemi 426

CAPITOLO SEDICI

Introduzione alla spettrometria infrarossa 430

- 16A Teoria della spettrometria di assorbimento infrarosso 431
- 16B Strumentazione infrarossa 438
- 16C Sorgenti e rivelatori per infrarosso 449
Domande e problemi 452

CAPITOLO DICIASSETTE

Applicazioni della spettrometria infrarossa 455

- 17A Spettrometria di assorbimento nel medio infrarosso 455
- 17B Spettrometria a riflessione nel medio infrarosso 469
- 17C Spettroscopia infrarossa fotoacustica 472
- 17D Spettroscopia nel vicino infrarosso 473
- 17E Spettroscopia nel lontano infrarosso 476
- 17F Spettroscopia infrarossa di emissione 476
- 17G Microscopia infrarossa 477
Domande e problemi 477

CAPITOLO DICIOOTTO

Spettroscopia Raman 481

- 18A Teoria della spettroscopia Raman 481
- 18B Strumentazione 487
- 18C Applicazioni della spettroscopia Raman 492

- 18D Altri tipi di spettroscopia Raman 493
Domande e problemi 495

CAPITOLO DICIANNOVE

Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare 498

- 19A Teoria della NMR 499
- 19B Effetti dell'intorno chimico sugli spettri NMR 510
- 19C Spettrometri NMR 521
- 19D Applicazioni della NMR protonica 526
- 19E NMR del carbonio-13 529
- 19F Applicazione della NMR ad altri nuclei 533
- 19G NMR a impulso multiplo e multidimensionale 534
- 19H Visualizzazione di immagini mediante risonanza magnetica 537
Domande e problemi 542

CAPITOLO VENTI

Spettrometria di massa molecolare 550

- 20A Spettri di massa molecolari 551
- 20B Sorgenti ioniche 551
- 20C Spettrometri di massa 563
- 20D Applicazioni della spettrometria di massa molecolare 577
- 20E Applicazioni quantitative della spettrometria di massa 583
Domande e problemi 585

CAPITOLO VENTUNO

Caratterizzazione di superfici mediante spettroscopia e microscopia 589

- 21A Introduzione allo studio delle superfici 589
- 21B Metodi di superficie spettroscopici 590
- 21C Spettroscopia elettronica 591
- 21D Tecniche spettroscopiche ioniche 602
- 21E Metodi spettroscopici fotonici di superficie 604
- 21F Metodi microanalitici stimolati da elettroni 607
- 21G Microscopi con sonde a scansione 613
Domande e problemi 622
**Analisi strumentale in evoluzione –
Accertamento di autenticità della mappa
di Vinland: analisi di superficie al servizio
di storia, arte e scienza forense 624**

SEZIONE QUATTRO

Chimica elettroanalitica 627

CAPITOLO VENTIDUE

Introduzione alla chimica elettroanalitica 628

- 22A Celle elettrochimiche 628
- 22B Potenziali nelle celle elettroanalitiche 633
- 22C Potenziali elettrodi 635
- 22D Calcolo dei potenziali di cella dai potenziali elettrodi 645
- 22E Correnti nelle celle elettrochimiche 647
- 22F Tipi di metodi elettroanalitici 653
 - Domande e problemi 653

CAPITOLO VENTITRE

Potenziometria 659

- 23A Principi generali 659
- 23B Elettrodi di riferimento 660
- 23C Elettrodi indicatori metallici 662
- 23D Elettrodi indicatori a membrana 664
- 23E Transistori ione-selettivi ad effetto di campo 675
- 23F Sistemi elettrodi selettivi verso specie molecolari 677
- 23G Strumenti per misurare i potenziali di cella 684
- 23H Misure potenziometriche dirette 686
- 23I Titolazioni potenziometriche 691
 - Domande e problemi 692

CAPITOLO VENTIQUATTRO

Coulombometria 697

- 24A Relazioni corrente-potenziale durante l'elettrolisi 697
- 24B Una introduzione ai metodi coulombometrici di analisi 701
- 24C Coulombometria a potenziale controllato 703
- 24D Titolazioni coulombometriche 707
 - Domande e problemi 712

CAPITOLO VENTICINQUE

Voltammetria 716

- 25A Segnali di eccitazione in voltammetria 717
- 25B Strumentazione voltammetrica 718
- 25C Voltammetria idrodinamica 723
- 25D Voltammetria ciclica 737

- 25E Voltammetria ad impulso 742
- 25F Voltammetria ad alta frequenza e ad alta velocità 745
- 25G Applicazioni della voltammetria 746
- 25H Metodi a strappaggio 748
- 25I Voltammetria con microelettrodi 751
 - Domande e problemi 753
 - Analisi strumentale in evoluzione –
Misurare le parti per comprendere il tutto:
il microfisiometro 757

SEZIONE CINQUE

Metodi di separazione 761

CAPITOLO VENTISEI

Introduzione alle separazioni cromatografiche 762

- 26A Descrizione generale della cromatografia 762
- 26B Velocità di migrazione dei soluti 765
- 26C Allargamento delle bande ed efficienza della colonna 768
- 26D Ottimizzazione delle prestazioni di una colonna 775
- 26E Sommario delle relazioni cromatografiche 781
- 26F Applicazioni della cromatografia 781
 - Domande e problemi 785

CAPITOLO VENTISETTE

Gascromatografia 788

- 27A Principi della GLC 788
- 27B Strumenti per GLC 789
- 27C Colonne gascromatografiche e fasi stazionarie 800
- 27D Applicazioni della gascromatografia 806
- 27E Progressi in GC 808
- 27F Cromatografia gas-solido 810
 - Domande e problemi 811

CAPITOLO VENTOTTO

Cromatografia liquida 816

- 28A Scopo dell'HPLC 816
- 28B Efficienza della colonna in LC 817
- 28C Strumentazione per cromatografia liquida 818
- 28D Cromatografia di ripartizione 828
- 28E Cromatografia di adsorbimento 837
- 28F Cromatografia ionica 839
- 28G Cromatografia ad esclusione dimensionale 844

- 28H Cromatografia di affinità 848
 28I Cromatografia su strato sottile 848
 Domande e problemi 851

CAPITOLO VENTINOVE**Cromatografia ed estrazione con fluido supercritico 856**

- 29A Proprietà dei fluidi supercritici 856
 29B Cromatografia con fluido supercritico 857
 29C Estrazione con fluido supercritico 862
 Domande e problemi 865

CAPITOLO TRENTA**Elettroforesi capillare, elettrocromatografia capillare e frazionamento in flusso in presenza di campo 867**

- 30A Cosa è l'elettroforesi 867
 30B Elettroforesi capillare 868
 30C Applicazioni della elettroforesi capillare 875
 30D Elettrocromatografia su colonna impaccata 883
 30E Frazionamento in flusso in presenza di campo 884
 Domande e problemi 888
**Analisi strumentale in evoluzione –
 Alla scoperta dell'acrilammide 890**

SEZIONE SEI**Metodi misti 893****CAPITOLO TRENTUNO****Metodi termici 894**

- 31A Analisi termogravimetrica 894
 31B Analisi termica differenziale 897
 31C Calorimetria a scansione differenziale 900
 31D Analisi microtermica 904
 Domande e problemi 906

CAPITOLO TRENTADUE**Metodi radiochimici 909**

- 32A Nuclidi radioattivi 909
 32B Strumentazione 916

- 32C Metodi di attivazione neutronica 918
 32D Metodi di diluizione isotopica 924
 Domande e problemi 925

CAPITOLO TRENTATRE**Metodi di analisi automatizzati 929**

- 33A Considerazioni generali 929
 33B Analisi per iniezione in flusso 931
 33C Microfluidica 940
 33D Sistemi automatici discreti 942
 Domande e problemi 948

CAPITOLO TRENTAQUATTRO**Determinazione delle dimensioni delle particelle 950**

- 34A Introduzione all'analisi delle dimensioni delle particelle 950
 34B Diffusione a basso angolo della luce laser 951
 34C Diffusione dinamica della luce 955
 34D Fotosedimentazione 958
 Domande e problemi 962
**Analisi strumentale in evoluzione –
 Il caso John Vollman 964**

APPENDICE 1 Valutazione dei dati analitici 967

- a1A Precisione e accuratezza 967
 a1B Trattazione statistica degli errori casuali 971
 a1C Verifica di ipotesi 983
 a1D Metodo dei minimi quadrati 985
 Domande e problemi 988

APPENDICE 2 Coefficienti di attività 994

- a2A Proprietà dei coefficienti di attività 994
 a2B Determinazione sperimentale dei coefficienti di attività 995
 a2C Equazione di Debye-Hückel 995

APPENDICE 3 Alcuni valori di potenziali elettrodi standard e formali 997**APPENDICE 4** Composti suggeriti per la preparazione delle soluzioni standard di alcuni elementi comuni 1001

Risposte a problemi selezionati 1003

Indice analitico 1011



Prefazione

Oggi si dispone di una gamma impressionante di strumenti allo stesso tempo potenti e sofisticati per ottenere informazioni qualitative e quantitative sulla composizione e la struttura della materia. Gli studenti di chimica, biochimica, fisica, geologia, scienze della salute, scienze forensi e scienze ambientali, per i quali è pensato questo testo, devono imparare ad apprezzare questi strumenti ed essere consapevoli che il loro utilizzo può portare alla risoluzione dei problemi analitici.

Gli autori credono che la scelta e l'utilizzo efficiente dei moderni strumenti analitici implicino la comprensione dei principi fondamentali sui quali si basano i moderni dispositivi di misura. Solo a questa condizione si possono operare scelte intelligenti fra le molteplici possibilità di soluzione di un problema analitico; solo così si può imparare ad apprezzare i vantaggi e gli inevitabili inconvenienti che accompagnano moltissime misurazioni fisiche; e solo così si può imparare a percepire i limiti delle misurazioni in termini di sensibilità, precisione ed accuratezza. La conoscenza dei principi delle misure è inoltre necessaria per calibrare, standardizzare e convalidare i metodi strumentali. Pertanto, l'obiettivo di questa edizione è quello di fornire allo studente un'introduzione ai principi fondamentali dei metodi di analisi spettroscopica, elettrochimica, cromatografica, radiochimica, termica e di superficie. Da un attento studio di questo testo, i lettori avranno modo di scoprire i tipi di strumenti oggi disponibili, evidenziandone le potenzialità e i limiti.

ORGANIZZAZIONE DI QUESTA EDIZIONE



Dopo un breve capitolo introduttivo, il testo è diviso in sei sezioni.

- La Sezione 1 contiene quattro capitoli dedicati ai circuiti elettrici di base, agli amplificatori operazionali, all'elettronica digitale e ai computer, ai segnali, al rumore e al miglioramento del rapporto segnale/rumore.
- La Sezione 2 si articola in sette capitoli dedicati ai vari metodi di spettrometria atomica; essa include un'introduzione alla spettroscopia e alla sua strumentazione ed alcuni capitoli su spettroscopia di assorbimento ed emissione atomica, spettrometria di massa atomica e spettrometria a raggi X.
- La Sezione 3 è dedicata alla spettroscopia molecolare; essa si articola in nove capitoli che trattano i metodi di assorbimento, emissione, luminescenza, infrarosso, Raman, risonanza magnetica nucleare, spettrometria di massa e analisi di superficie.
- La Sezione 4 è costituita da quattro capitoli incentrati sulla chimica elettroanalitica, inclusa la potenziometria, la coulombometria e la voltammetria.
- La Sezione 5 contiene cinque capitoli che si occupano dei metodi di separazione analitici, come gascromatografia, cromatografia liquida, cromatografia con fluido supercritico, elettroforesi e frazionamento in flusso in presenza di campo.
- La Sezione 6 è costituita da quattro capitoli dedicati ai metodi di strumentazione mista, con particolare enfasi sui metodi termici, radiochimici e automatizzati. Questa sezione contiene anche un capitolo sull'analisi delle dimensioni delle particelle.

A partire dalla pubblicazione della prima edizione di questo testo nel 1971, il settore dell'analisi strumentale si è così esteso e diversificato che è diventato impossibile trattare tutte le moderne tecniche strumentali in un corso di uno o due semestri. Inoltre, diversi insegnanti hanno opinioni differenti per quanto riguarda quali metodi debbano essere presi in considerazione e quali no. Per questa ragione, abbiamo incluso in questo testo una quantità di materiale maggiore di quanto non sia possibile trattare in un solo corso di analisi strumentale, e quindi questo testo esauriente sarà un valido riferimento negli anni a venire. Abbiamo però organizzato il materiale in modo tale che gli insegnanti possano selezionare e scegliere gli argomenti da far studiare. Pertanto, i capitoli di introduzione

alla spettroscopia atomica e molecolare, ai metodi analitici elettrochimici e alla cromatografia precedono quelli di trattazione dettagliata di ciascun metodo analitico. Una volta che lo studente abbia assimilato questo contenuto introduttivo, è possibile assegnargli i capitoli seguenti in qualunque ordine. Per assistere lo studente durante l'utilizzo del testo, le soluzioni della maggior parte dei problemi vengono riportate alla fine del testo.

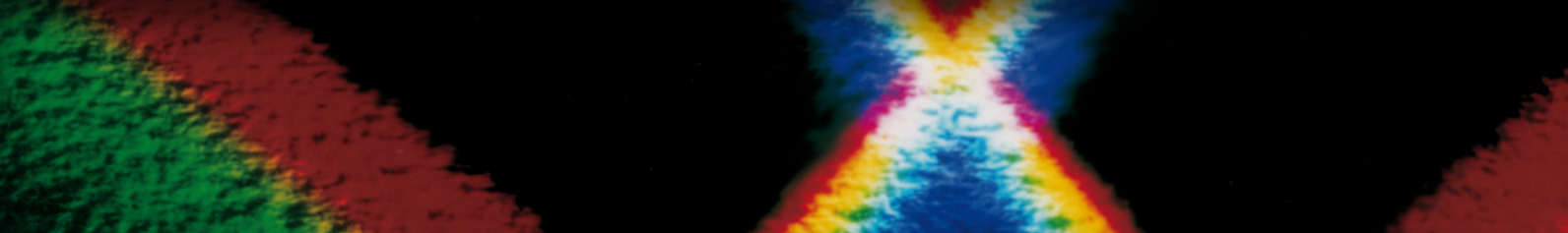
NOVITÀ DI QUESTA EDIZIONE

- È stato inserito un nuovo capitolo sulla determinazione delle dimensioni delle particelle (Capitolo 34). Le proprietà fisiche e chimiche di molti materiali di ricerca e prodotti industriali e di consumo dipendono strettamente dalla distribuzione delle dimensioni delle loro particelle. Pertanto, l'analisi delle dimensioni delle particelle è divenuta un'importante tecnica in numerosi laboratori di ricerca e industriali.
- Nuovi ed interessanti approfondimenti di *Analisi strumentale in evoluzione* sono stati aggiunti alla fine di ciascuna delle sei sezioni. Essi descrivono come alcuni dei metodi introdotti in ogni sezione possano essere applicati ad uno specifico problema analitico. Tali esempi sono stati selezionati dal campo forense, ambientale e biomedico.
- Sono state aggiunte numerose applicazioni dei fogli di calcolo elettronico  che illustrano come questi potenti programmi possano essere applicati ai metodi strumentali. I problemi che riportano l'icona  incoraggiano l'uso dei fogli di calcolo elettronico. Quando è richiesto un approccio più dettagliato o ulteriori letture, lo studente può far riferimento al testo collegato, *Applications of Microsoft® Excel in Analytical Chemistry*, che fornirà il necessario supporto.
- Il testo è stampato in due colori. Questa particolarità risulta utile nella comprensione delle numerose figure e diagrammi presenti nel testo. Il secondo colore rende più chiari i grafici, aiuta nel seguire il flusso dei dati nei

diagrammi, fornisce la chiave per collegare i dati che appaiono nei diagrammi e nei grafici multipli e rende più gradevole l'aspetto nel suo complesso.

- Un *Problema sfida* è stato inserito alla fine di ogni capitolo allo scopo di ampliare le conoscenze specifiche; esso richiede la lettura della letteratura originale della chimica analitica, l'utilizzo di processi deduttivi, un'analisi approfondita dei dati sperimentali e stimola la soluzione del problema.
- Tutti i capitoli sono stati revisionati ed aggiornati con i recenti riferimenti bibliografici della chimica analitica. I capitoli che hanno subito maggiori variazioni sono quelli relativi a spettrometria di massa (Capitoli 11 e 20), caratterizzazione di superfici (Capitolo 21), voltammetria (Capitolo 25), cromatografia (Capitoli 26 e 27) e analisi termica (Capitolo 31). Numerosi metodi di analisi sono stati aggiornati, mentre altri sono stati inseriti *ex novo*, aggiungendo, dove ritenuto appropriato, le foto dei relativi strumenti disponibili in commercio. Alcuni di essi includono la spettrometria al plasma, il quenching e la misura della vita media della fluorescenza, la spettrometria di massa tandem e i biosensori.
- Sono state aggiunte/aggiornate numerose tabelle, diagrammi e grafici di dati nonché curve e forme d'onda calcolate dalla teoria o ottenute dalla letteratura originale al fine di fornire una rappresentazione più accurata e realistica.
- In tutto il testo ci siamo sforzati di presentare il materiale in uno stile più leggibile e semplice per lo studente, in modo da renderlo stimolante ed accattivante. All'interno di ciascun capitolo sono stati inseriti diversi esempi che fungono da supporto alla risoluzione di problemi di una certa rilevanza. Per ciascun problema la relativa soluzione è stata fornita in modo che lo studente possa facilmente separare l'approccio allo studio del problema dalla sua soluzione.

Douglas A. Skoog
F. James Holler
Stanley R. Crouch



SKOOG • HOLLER • CROUCH

Chimica Analitica Strumentale

