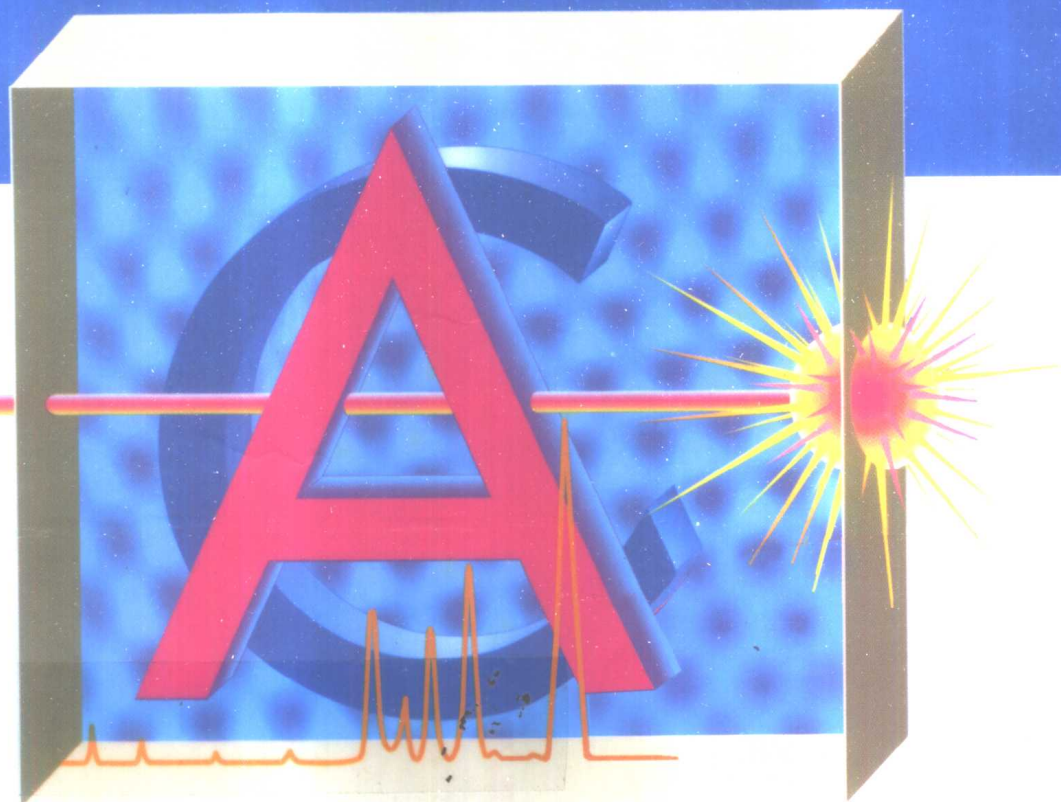


分析化学

R. Kellner J. -M. Mermet M. Otto H. M. Widmer 等 编著

李克安 金钦汉 等 译



北京大学出版社

北京大学化学科学译丛-6

4

分 析 化 学

R. Kellner J. -M. Mermet
M. Otto H. M. Widmer 等 编著

李克安 金钦汉 等 译

北 京 大 学 出 版 社
北 京

著作权合同登记 图字:01-2000-2882



图书在版编目(CIP)数据

分析化学/(奥地利)凯尔纳(Kellner, R.)等主编;李克安,金钦汉等译. —北京:北京大学出版社,2001.8

ISBN 7-301-04749-5

I. 分… II. ①凯… ②李… ③金… III. 分析化学 IV. 065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 71872 号

书 名: 分析化学

译作责任者: 李克安 金钦汉 等

责任编辑: 赵学范

标准书号: ISBN 7-301-04749-5/O · 492

出版者: 北京大学出版社

地址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电话: 出版部 62752015 发行部 62754140 编辑部 62752021

电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

排印者: 中国科学院印刷厂

发行者: 北京大学出版社

经销者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 56.375 印张 1500 千字

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 88.00 元

内 容 简 介

本书是由欧洲化学会分析化学部组织 14 个国家的 31 位分析化学家编写的国际性教科书。全书分 5 个部分共 16 章,内容包括:分析化学的目的和其对社会的重要作用,分析过程,质量保证和质量控制,化学分析基础,色谱学,动力学和催化,化学分析法和应用,元素分析,化合物和分子特效分析,微束流和表面分析,结构分析,化学计量学,计算机硬件软件和分析仪器接口,联用技术,微型化分析系统,过程分析化学。书中还附有附录、索引及有关符号等内容。本书几乎包括分析化学所有方面的现状和发展,内容和编排新颖,知识全面,叙述简明,是一本权威的分析化学教材或教学参考书。

本书可用作高等学校教师备课用书或教材,也可供从事分析化学教学、科研及分析测试人员以及化学、生物、医学、材料、地质等学科的大学生、研究生阅读参考。

中文版译者

主 译 李克安 金钦汉

其他译者 (按汉语拼音排序)

白郁华 (北京大学环境科学中心)

陈淑芬 (北京大学环境科学中心)

金钦汉 (吉林大学化学系)

李克安 (北京大学化学学院)

李赛君 (北京大学环境科学中心)

梁 枫 (吉林大学化学系)

刘 锋 (北京大学化学学院)

刘虎威 (北京大学化学学院)

吕 男 (吉林大学化学系)

宋文波 (吉林大学化学系)

孙长青 (吉林大学化学系)

武永庆 (北京大学化学学院)

叶宪曾 (北京大学化学学院)

张寒琦 (吉林大学化学系)

张新祥 (北京大学化学学院)

张忆华 (吉林大学化学系)

赵凤林 (北京大学化学学院)

赵晓君 (吉林大学化学系)

朱志伟 (北京大学化学学院)

邹明珠 (吉林大学化学系)

原文版审校者

We wish to express our deep appreciation to the team of reviewers, who contributed their expertise to this international enterprise by reviewing chapters and by providing countless valuable suggestions. Sincere thanks to:

Professor F. Adams, UIA, Antwerpen, Belgium
Professor K. Ballschmiter, University of Ulm, Germany
Professor M.F. Camoes, University of Lisboa, Portugal
Professor Ch. Ducauze, National Institute of Agronomy, Paris, France
Professor R.R. Ernst, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland
Professor S. Gál, Technical University, Budapest, Hungary
Professor D.J. Harrison, University of Alberta, Edmonton, Canada
Professor J.A. de Haseth, University of Georgia, USA
Dr. M. Hoenig, Chemical Research Institute, Tervueren, Belgium
Professor B.R. Kowalski, University of Washington, USA
Professor J. Mink, University of Veszprem, Hungary
Professor N.M.M. Nibbering, University of Amsterdam, The Netherlands
Professor R. Niessner, Technical University of Munich, Germany
Dr. B. te Nijenhuis, Gist-brocades NV, The Netherlands
Professor A. Sanz-Medel, University of Oviedo, Spain
Professor G.R. Scollary, Charles Stuart University, Australia
Professor G. Tölg, University of Dortmund, Germany
Professor M. Valcárcel, University of Córdoba, Spain
Professor C. Wilkins, University of California, Riverside, USA
Professor O.S. Wolfbeis, University of Regensburg, Germany
Professor Yu. A. Zolotov, Academy of Sciences, Russia

This book would not have been published without the strong, efficient and constant support provided by our publisher, Christina Dyllick. The Editors wish to express their gratitude to Dr. Dyllick for her patience, encouragement and helpful advice that were highly beneficial in the preparation of this book. This collaboration was a real pleasure.

原文版编者

Holger Becker
Imperial College of Science,
Technology and Medicine
Zeneca Smith Kline Centre for
Analytical Sciences
Department of Chemistry
South Kensington
London SW7 2AY
United Kingdom
Chapter 15

Jack Beconsall
1 St. Tudwals Estate
Myntho
Pwllheli LL53 7RU
Wales
United Kingdom
Section 9.3

Karl Cammann
Institute for Chemical and Biochemical
Sensor Research
Mendelstr. 7
D-48149 Münster
Germany
Section 1.1

Gary D. Christian
Department of Chemistry
University of Washington
Box 351700
Seattle, WA 98195-1700
USA
Chapter 16

Pierre Van Espen
Department of Chemistry
University of Antwerpen
Universiteitsplein 1
B-2610 Antwerpen
Belgium
Section 8.3

Horst Friebolin
Department of Organic Chemistry
University of Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 270
D-69120 Heidelberg
Germany
Section 9.3

Gernot Friedbacher
Institute of Analytical Chemistry
Vienna University of Technology
Getreidemarkt 9
A-1060 Vienna
Austria
Chapter 10

Keiichiro Fuwa
3-1-6-402 Sekimae Musashino
Tokyo 180
Japan
Section 1.2

Jeanette G. Grasselli
Ohio University
Department of Chemistry
150 Greentree Road
Chagrin Falls, OH 44022
USA
Section 1.3

Manfred Grasserbauer
Institute of Analytical Chemistry
Vienna University of Technology
Getreidemarkt 9
A-1060 Vienna
Austria
Chapter 10

D. Bernard Griepink
CEC
Rue Montoyer 75
B-1040 Brussels
Belgium
Chapter 3

Elizabeth A.H. Hall
Institute of Biotechnology
University of Cambridge
Tennis Court Road
Cambridge CB2 1QT
United Kingdom
Sections 7.8 and 7.9

Elo H. Hansen
Department of Chemistry
Technical University of Denmark
Building 207
DK-2800 Lyngby
Denmark
Section 7.4

Robert A. Kellner†
Institute of Analytical Chemistry
Technical University of Vienna
Getreidemarkt 9/151
A-1060 Vienna
Austria
*Sections 1.1, 7.1, 7.2, 7.6, 9.1, 9.2,
Appendix 5*

Viliam Krivan
Sektion Analytik und Höchstreinigung
University of Ulm
Albert-Einstein-Allee 11
D-89081 Ulm
Germany
Section 8.4

Willem E. van der Linden
Faculty of Chemical Technology
University of Twente
P.O. Box 217
NL-7500 AE Enschede
The Netherlands
Sections 2.1–2.3

Eddie A. Maier
European Commission
Standard Measurements
and Testing Programme (MO75)
3rd Floor, Office 7
Rue de la Loi 200
B-1049 Brussels
Belgium
Chapter 3

Andreas Manz
Imperial College of Science,
Technology and Medicine
Zeneca Smith Kline Centre for
Analytical Chemistry
Department of Chemistry
South Kensington
London SW7 2AY
United Kingdom
Chapter 15

Jean-Michel Mermet
Laboratory of Analytical Sciences
Université Claude Bernard Lyon-I
43, Bd. du 11 Novembre 1918
F-69622 Villeurbanne Cedex
France
Sections 8.1, 8.2, 8.5, Appendix 4

Wilfried M.A. Niessen
Hyphen MassSpec Consultancy
De Wetstraat 8
NL-2332 XT Leiden
The Netherlands
Section 9.4

Lauri Niinistö
Helsinki University of Technology
Laboratory of Inorganic and Analytical
Chemistry
P.O. Box 6100
FIN-02015 Espoo
Finland
Section 7.5

Matthias Otto
Institute of Analytical Chemistry
Freiberg University of Mining
and Technology
Leipziger Str. 29
D-09599 Freiberg
Germany
*Sections 5.1–5.5, 7.7, 12.4, 12.5,
Chapter 13, Appendices 1, 3, 6 and 7*

Dolores Pérez Bendito
Department of Analytical Chemistry
University of Córdoba
E-14004 Córdoba
Spain
Chapter 6

Erwin Rosenberg
Institute of Analytical Chemistry
Vienna University of Technology
Getreidemarkt 9
A-1060 Vienna
Austria
Chapter 14

William S. Sheldrick
Department of Analytical Chemistry
University of Bochum
Universitätsstr. 150
D-44801 Bochum
Germany
Chapter 11

Klára Tóth
Institute of General and Analytical
Chemistry
Technical University of Budapest
Gellért tér 4
H-1111 Budapest XI
Hungary
Sections 4.4 and 7.3

Wolfhard Wegscheider
University of Leoben
Franz-Josef-Str. 18
A-8700 Leoben
Austria
Sections 12.2 and 12.3

H. Michael Widmer†
Ciba-Geigy Ltd.
CH-4002 Basel
Switzerland
Sections 4.1–4.3, 4.5, 5.6, 7.1 and 7.2

E. Deniz Yalvac
The Dow Chemical Company
2301 North Brazosport Blvd.
B-3828 Building
Freeport, TX 77541
USA
Chapter 16

Pier Giorgio Zambonin
Department of Chemistry
Campus University
Via E. Orabona, 4
I-70126 Bari
Italy
Sections 2.4 and 12.1

译 序

1998年,金钦汉教授从欧洲带回这本刚刚出版的分析化学教科书,并在北京大学化学学院分析化学研究所做了介绍,当即引起了与会者的很大兴趣。北京大学李克安教授征求了北大同事们的意见,并向金钦汉教授与吉林大学的同行们表达了联合翻译这本书的愿望,得到大家的热烈响应。在北京大学出版社的大力支持下,购买了本书的版权,使我们的这个愿望得以实现。

近些年来,国内外出版了大量的分析化学教材和专著,但真正的力作尚属凤毛麟角。由欧洲化学会分析化学部组织的这本教材,由14个国家的31位分析化学家编写,12个国家的21位著名学者作了审校。这是近年来出现的一本难得的好书,不仅作者和审校者阵容强大,而且编写内容丰富,编排格式新颖。书中既有对经典的分析化学内容的简明介绍,又有对分析化学的新概念、新方法和新发展的指导性描述,还有对分析化学的未来发展和新的方向的前瞻性报告。本书是一本富有特色的分析化学教科书,它的内容还涉及到化学的其他领域以及物理学、电子学、统计学和计算机科学与技术、生命科学等学科的原理、方法及它们的最新进展,反映了学科之间由分工走向互相渗透和综合化的趋势。本书不愧为适应时代发展潮流、内容先进、具有很高权威的国际性教科书。

这次翻译的组织工作由李克安负责,邹明珠、赵凤林协助。参加翻译工作的有金钦汉(前言,第1章)、刘锋(第2章,第3章及4.1节)、陈淑芬(4.2~4.5节)、武永庆(第5章)、张新祥(第6章及7.9节)、赵凤林(7.1,7.2,7.4,9.1节)、朱志伟(7.3,9.2节)、刘虎威(7.5~7.8节)、李赛君(8.1~8.3节)、白郁华(8.4,8.5节)、叶宪曾(9.3,9.4节)、张忆华(第10章)、吕男(第11章)、张寒琦、赵晓君(第12章)、梁枫(第13章)、孙长青(第14章)、邹明珠(第15章)、宋文波(第16章)、李克安、赵凤林(附录、索引、符号等)。张新祥做了中、英文索引的编排工作。除了译者之间的互校外,金钦汉教授校对了大部分译稿;李克安教授通读了全书,做了译校、统稿和编排方面的协调工作;最后,由叶宪曾教授复审全部书稿。

由于本书篇幅较大,作者众多,原书存在一些文字、符号不统一的情况,甚至有些错误和不当之处,我们在译文中尽量予以订正或加以说明。由于我们的水平所限,译文中的错讹之处,敬请读者批评指正。此外,对于书中出现的众多的人名,除较知名者习惯上沿用其译名外,多保留其原文名称,以便于读者进一步查阅。

在本书翻译出版过程中,北京大学出版社及时购买版权,给予了大力支持,尤其是责任编辑赵学范同志为促成本书的出版付出了辛勤的劳动。在本书正式出版之际,我们向所有关心、鼓励和帮助我们的人们表示衷心的感谢。

译 者

1999年9月

原 序

在自然科学领域,分析化学恐怕是在最近几十年内经历了最大拓展的一门学科。因此,分析技术的数目、复杂程度以及应用领域都空前地增加了。这就给化学教育工作者提出了一个问题:在一门大学本科的课程内应包括什么内容和达到什么水平?

自从四分之一世纪前欧洲化学会联合会(FECS)成立以来,她已对化学教育和分析化学表现出了极大的兴趣。这表现在这两个领域在FECS中都有自己的学部。经过深入和广泛的调查研究之后,分析化学部提出了一个全欧教材的想法,这引起了欧洲及其他地区的积极响应。本教科书即是将这一分析化学教材向全世界推广的一个合乎逻辑的结果和工具。

已故的分析化学伟大先驱之一 I. M. Kolthoff 曾在他的书中写进了“理论指导,实验决定”的名言。本教科书就是以理论背景、实验和仪器细节乃至对实际应用的简略描述适当结合的方式来传授分析化学知识。其最终目标是为了能用分析化学思想去解决问题。

快速的技术进步及环境意识的不断增强是分析问题数目不断增加并变得愈来愈复杂的前提。让我们期望这一及时的教科书能为教育和训练未来的分析化学家,以使它们能具有足够的解决分析问题的能力去面对这些新挑战而作出贡献。

Lauri Niinisto
欧洲化学会联合会主席
1997年9月

前 言

分析化学是一门研究物质转变的科学——化学中一个最古老而又最年轻的分支。说她是自然哲学(“化学”曾被这样描述过)的最古老分支,可追溯到亚里士多德(Aristotle)对论证的三段论法(如在他的“Analytiken”中所示)。说她是最年轻的分支,是因为“分析学”(analytics)已作为一个以现代知识理论和信息科学在化学中的应用为基础的独立学科而涌现。分析化学从化学中分离出来的过程开始于 Robert Boyle,接着是 Lavoisier, Berzelius, Wöhler 和 Liebig 等的活动,到 100 年前的 Wilhem Ostwald(及其著作 *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Analytischen Chemie*)达到了第一次高峰,直至如本书基础部分所描述的那样,成为一个独立的、非常复杂而又具有强大吸引力的科学分支。分析化学的发展仍以极高的速率继续着;这只要想想当代几位伟大的研究者 Jan Heyrovsky(电分析), Richard R. Ernst(核磁共振), Gerhard Binning 和 Heinrich Rohrer(扫描隧道显微镜/原子力显微镜)的巨大影响就可以了。由于在这一领域的早期和持续的兴趣,人们已取得了大量有关我们内部及周围物质世界的具有基础和实际重要性的经验知识。

化学作为一个整体已在世界范围内进化成一个人类文化、工业和商业的支柱,为人类提供了无数日常急需的物品。例如食品、衣料、建材、药品及重要的医用、交通或通讯材料。最初是纯经验的且主要作为医学的一个分支的化学,今天已成为一个由物理学、化学和数学定律所支撑着的现代实验科学,而且它本身又分出了有机化学、无机化学、生物化学、食品化学、化学工程学、物理化学及最近的分析化学。

确实,拥有许多灵敏而又有选择性的技术的现代分析化学已对人们对环境问题的认识和对工业生产、人类健康领域和环境保护中质量控制系统的建立作出了重大贡献。多年来全世界分析仪器市场已有显著增长,达到了今天高达 10 000 亿美元的规模(这个数字恐怕不是年销售额,根据中国分析测试协会的调查,1997 年世界分析仪器的销售总额约为 210 亿美元——译者注),按照今日化学工业的“尽责的管理”计划,滥用未经优化的工艺将被禁止。“可持续发展”原理已被欧洲的各主要化学公司接受作为其生产哲学的基础,在世界其他地方也逐渐被认识。分析化学在使这一进程取得成功和保持今日我们全球的生态平衡方面都一直在起着一种决定性作用。欧洲化学会联合会(FECS)的分析化学部(DAC)定义说:“分析化学是发展和应用各种方法、仪器和策略以获得有关物质在空间和时间方面组成和性质的信息的一门学科”。

本教材除了其在大学教育中的独特作用外,还可被看作是对 DAC 关于分析化学的上述定义的诠释和对如下这一事实的支持,即分析化学今日是一个独立的学科分支——一门信息科学,它要回答的是这样一个在理论上和实践中都很重要的问题:物质世界是如何组成的。

为了找到这个问题的答案,分析化学家要研究用化学的、物理的和生物的试剂与所研究样品发生的作用。为实用起见,本教材也采用了这种以试剂为基础的观点,在某些情况下,分析方法显然是化学方法,如酸碱滴定,在这里用的全是化学试剂,或者是纯粹的物理方法,如 X 射线荧光。另一方面,读者也将很快注意到,在某些情况下,这种区别并不那么清楚、明确。如色

谱法,本书将其列在“化学分析”篇内,又如“扫描隧道显微镜”,被列在“物理分析”篇内,尽管这两种方法都涉及化学和物理两个方面。

分析化学是使用和依赖于化学、物理学、数学、信息科学和生物学定律的一门边缘学科。其目的是破解所研究样品隐含的信息而不是去改变其固有的信息,从而告诉人们有关物质世界组成的真理。对于科学家来说这听起来似乎并不困难,但对于今天错综复杂的技术和环境基质来说就不那么简单了,因为在这里分析数据往往不得不在实时和原位(在未经改变的基质中)的条件下获取。现代世界贸易、工业和商业不断增强的需求已导致全国性和更重要的国际性质量保证机构的创立,例如,EURACHEM 和 CITAC。这些机构要求即便是有经验的实验室也必须不时通过工艺标准和人员技能的认证以证明其技术能力(见第 3 章)。

为满足上述挑战所要求的对分析化学家在分析技能和知识方面的全球训练,需要有一个协调的科学语言和全世界一致的教学基本内容。尽管今日英语作为通用语言在化学和物理学中有无可替代的作用,根据这一计划在为化学学生的利益而协调分析化学各门基础课程的努力中,本“分析化学”课程还是头一个被广泛接受的尝试(关于 DAC 课程的基础部分请参见 Anal. Chem., 1994, 66, 98A; 高等部分请参见 Fres. J. Anal. Chem., 1997, 357, 197)。

本分析化学教材是 DAC 分析化学课程的权威版本,它脱胎于以前的“WPAC(分析化学工作组)的全欧课程”。其理念是要在化学分析的传统方法(第二篇)、生物(也在第二篇)和物理(第三篇)分析及化学计量学(第四篇)之间求得一个平衡。在本教材第 2~5 章之前是绪论性质的第一篇,它包含了“分析化学的目的及其社会重要性”,“分析过程”和“质量保证与质量控制”等内容。本书以与工业有关的第五篇“全分析系统”结尾,用以处理较复杂的对于今日工业,特别是将来工业重要的“联用技术”和“过程分析系统”。为了保证在现代教育的大学本科阶段也能有最高的素质,本书是请多个作者完成的。本书遵循把科学知识的坚实基础与对待新分析技术的灵活态度相结合的原则,其独特的理念使得它可以既包容了经典的专题,如酸碱滴定或络合物法——这对于理解现代化学传感器技术都是必要的——又包括了在物理分析、化学计量学和过程分析方面的一些最近的、导向性的发展。例如,对原子力显微镜和微型全分析系统(μ -TAS)都作了初步的介绍。某些章节可能过于精简,这是由于编辑限定本书的篇幅不能超过 1000 页的决定造成的,但它可通过参阅作为 DAC 课程计划一部分的供高年级学习用的许多专门教材而加以克服。

除了应给化学学生提供现代工业所要求的充分的准备外,大学的分析化学学习还必须适应基础学术研究的要求。在分析化学中真理占有最重要的位置。因此,挑剔的学生应细心学习第 2 章(“分析过程”)和第 3 章(“质量保证和质量控制”)。Karl Popper 爵士的信条:“接近真理在原则上是可能的”可以被接受作为分析化学这门基础学科的强大哲学基础。

在应用领域,我们正面对世界范围的分析数据洪水,因为每年都在进行着数目高达 100 亿次的分析!本基础教材及其编辑组希望清楚说明,分析化学今日比以往任何时候都有更重大的责任以推动我们社会将来的发展。

例如,有关由超音速飞机在同温层中产生的 NO_x 的分析数据和模型计算所得的知识就阻止了破坏臭氧的超音速喷气式飞机机群的过度发展。这只是我们必须提供正确数据并把它们正确地转换成我们可用以解决问题的知识的一个例子。一般说来,正确的知识也是长远政治决

策所需的才智的基础。

我们深信,当在世界范围内教授像本教材和 DAC 其他课程所提供的以致力于自由和责任间平衡的教育计划为基础的分析化学时,分析化学有可能成为一门为人类提供更安全未来的关键科学!

R. Kellner, H. Malissa 和 E. Pungor
欧洲化学会联合会分析化学工作组(WPAC/FECS)
1993~1997,1975~1981 和 1981~1987 年主席
(自 1996 年 9 月始,分析化学工作组(WPAC)
已由欧洲化学会联合会分析化学部(DAC)接替)
1997 年 6 月

符 号

a	俄歇产率(Auger yield)
A	吸光度(absorbance)
b_0	截距,背景(intercept, background)
b_1	灵敏度(sensitivity)
$b_{1/2}$	半峰宽(full width at half maximum)
c	浓度(concentration)
C	协方差(covariance)
CV	变异系数(coefficient of variation)
d	距离,(吸收)池厚度,点阵间距,平均偏差(distance, cell thickness, lattice spacing, mean deviation)
D	扩散系数(diffusion coefficient)
e	电子(electron)
E	能量,电极电位,预期(energy, electrode potential, expectation)
$E(X')$	X [或 $F(x)$]的第 r 次(非中心)矩 {rth (non-central) moment of X [or of $F(x)$]}
$E\{(X-\mu)^r\}$	X [或 $F(x)$]的第 r 次中心矩 {rth central moment of X [or of $F(x)$]}
E_a	活化能(activation energy)
E_b	结合能(binding energy)
E_{kin}	动能(kinetic energy)
f	频率(frequency)
$f(z)$	标准正态密度函数(standard normal density function)
F	Fisher 比,流速(Fisher ratio, flow rate)
$F(z)$	标准正态分布函数(standard normal distribution function)
G	自由能(free energy)
H	塔板高度,焓(plate height, enthalpy)
I	强度,核角动量量子数(自旋)[intensity, nuclear angular momentum quantum number (spin)]
	电流, Kováts 保留指数,离子强度(current, Kováts retention index, ionic strength)
I_0	入射光强度(incident intensity)
j	角动量量子数(angular moment quantum number)
J	耦合常数(coupling constant)
k	速率常数,相对灵敏度系数(rate constant, relative sensitivity factor)
k'	容量因子(capacity factor)

K	平衡常数(equilibrium constant)
K_M	米氏速率常数(Michaelis-Menten rate constant)
l	轨道量子数(orbital quantum number)
L	样品与观测屏间的距离(distance between sample and observation screen)
m	磁量子数(magnetic quantum number), 质量(mass)
M	多样性, 多重性, 峰裂数(multiplicity)
n	衍射级数, 转动轴, 折射率(order of diffraction, rotation axis, refractive index), 物质的量(amount of substance)
$\bar{n}$	旋转反演轴(rotary inversion axis)
N	计数, areal 密度, 塔板数(number of counts, areal density, plate number)
NA	数值孔径(numerical aperture)
P	核的角动量, 概率, 几率(angular momentum of nucleus, probability)
Q	入射粒子数(number of incident projectiles)
r	分布相关系数, 半径(distribution correlation coefficient, radius)
R	分辨, 溶解, 电子行程, 衍射半径, 电阻(resolution, range of electrons, radius of diffraction, resistance)
R_f	阻滞因子(retardation factor)
R_s	分辨率(resolution)
s	标准差(估计量)[standard deviation (estimate)], 溶解度(solubility)
S	熵, 相似性(entropy, similarity)
s^2	方差(估计量)[variance (estimate)]
t	时间, 膜厚度, 学生氏 t 因子(time, film thickness, Student factor)
$t_{1/2}$	半衰期(half-life time)
t_M	保留(流动相)时间[hold-up (mobile) time]
t_R	总保留时间(total retention time)
T	测定量的真值, 透光度, 透射比(true value of the measured quantity, transmittance)
T_1	自旋-晶格弛豫时间(spin-lattice relaxation time)
T_2	自旋-自旋弛豫时间(spin-spin relaxation time)
$\bar{u}$	流动相分子的平均线速度(average linear velocity of molecules of the mobile phase)
U	直流电位, 电压(DC potential, voltage)
v	反应速率, 线速度(reaction rate, linear velocity)
$\bar{v}$	待测物的平均线速度(average linear velocity of analyte)
v_0	初始反应速率(initial reaction rate)
V	方差(variance), 体积(volume)
V_M	保留(流动相)体积[hold-up (mobile) volume]
V_R	总保留体积(total retention volume)

w	峰宽(peak width), 质量分数(mass fraction)
W	功(work)
x	标量(scalar variable), 摩尔分数(mole fraction)
$\mathbf{x}$	x 值的向量(vector of x -values)
$\mathbf{X}$	x 值的矩阵(matrix of x -values)
$\bar{x}$	平均值, 算术平均值或 n 次观测的组平均值(mean, arithmetic mean or average in a set of n observations)
y	变量(variable)
Y	溅射率(sputter yield)
z	基本电荷数(number of elementary charges)
Z	标准正态偏离, 原子序(数)(standard normal deviate, atomic number)
α	显著性水平, 选择性因子, 离解度(significance level, selectivity factor, degree of dissociation)
β	离子检测器的收率, 相比(率), 累积稳定常数(yield of ion detector, phase ratio, cumulative stability constant)
χ^2	χ^2 (分布, 分配)[Chi-squared (distribution)]
δ	化学位移(chemical shift)
ϵ	摩尔吸光系数(molar absorptivity), 介电常数(dielectric constant)
φ	体积分数(volume fraction of), 电极电位(electrode potential)
Φ	通量密度, 功函(flux density, work function)
λ	波长, 放射性衰变常数(wavelength, radioactive decay constant)
η	效率, 丰度(efficiency, abundance)
γ	磁旋比(gyromagnetic ratio)
Γ	γ 函数(Gamma function)
μ	总体均值, 磁矩, 离子强度(population mean, magnetic moment, ionic strength)
ν	自由度, 频率(degrees of freedom, frequency)
$\Delta\Omega$	检测器的接收角(acceptance angle of detector)
θ	散射角, 脉冲角, 衍射角(scatter angle, pulse angle, diffraction angle)
ρ	质量密度(mass density), 质量浓度(mass concentration)
σ	屏蔽常数, 总体标准差(shielding constant, population standard deviation)
σ^2	总体方差(population variance)
τ_p	脉冲宽度(pulse duration)
ω	荧光产率, 回旋频率(fluorescence yield, cyclotron frequency)
$\angle$	双面角(dihedral angle)