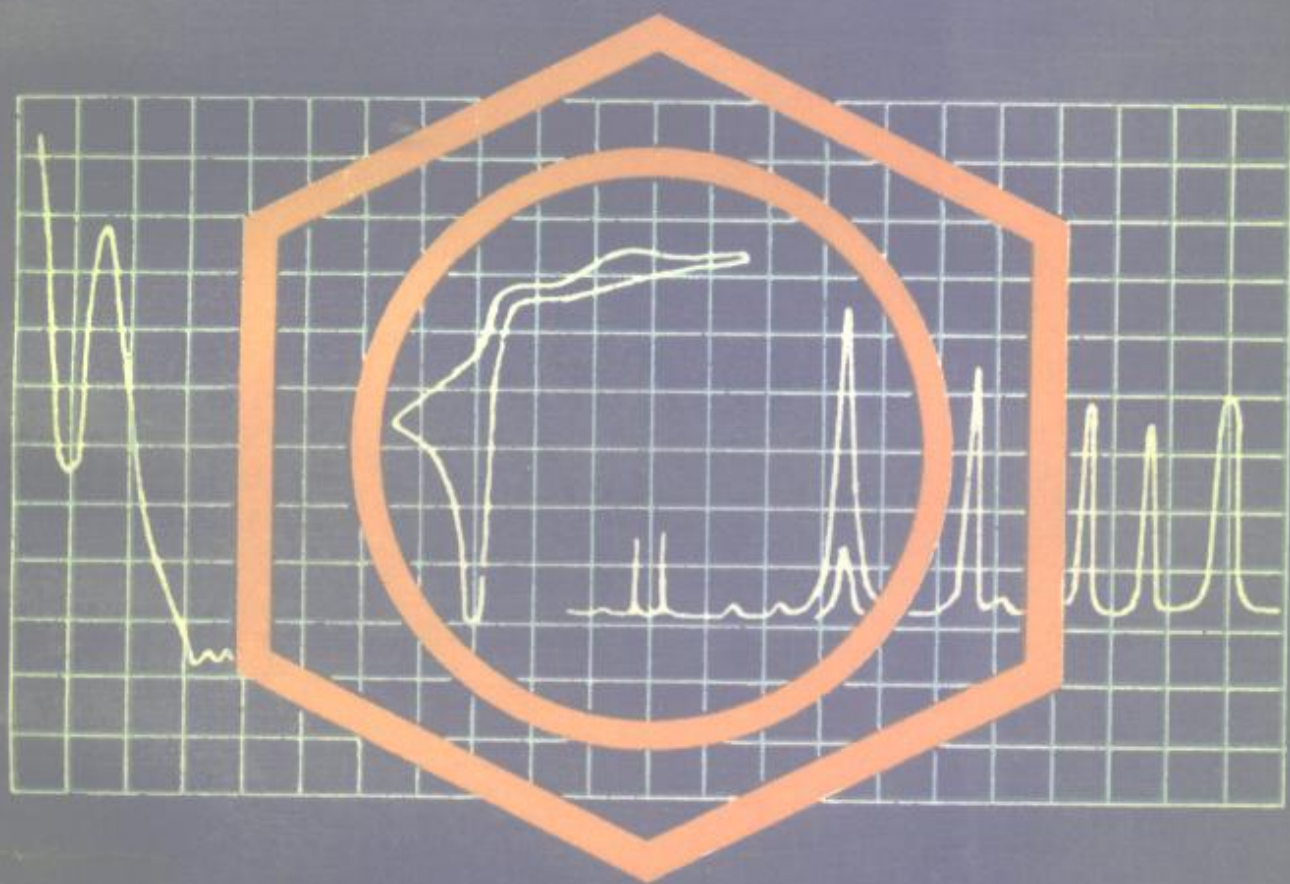


仪器分析实验

YI QI FEN XI SHI YAN

[美] D.T. 索耶 W.R. 海纳曼 J.M. 毕比 著
方惠群 等 译



南京大学出版社

[美] D.T.索耶 W.R.海纳曼 J.M.毕比 著

仪器分析实验

倪君蒂 司元忠 黄印平 任广柱 译
叶瑞芳 熊德宏 胡德骅 华鹤松
方惠群 校

南京大学出版社

1989·南京

内 容 简 介

全书共分三篇18章73个实验。每章均先扼要地介绍了与实验有关的基础理论，将仪器分析课和实验课有机地结合。这是一本较理想的仪器分析实验教材，可作为我国有关大专院校化学系、生物系、生化系等教师和学生的教学参考书。

〔美〕 Chemistry Experiments for Instrumental Methods

D. T. Sauer ~~W. R. Heineman~~ J. M. Beebe
John Wiley and Sons, Inc., 1984

仪 器 分 析 实 验

倪 蕊 司元忠 黄印平 任广柱 译
叶端 熊德安 胡德馨 华鹤松
方惠群 校

南京大学出版社出版

(南京大学校内)

江苏省新华书店发行 国营阜宁印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张：17.25 字数：448千

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数：1—1500

ISBN 7-305-00438-3

译 序

仪器分析课程是高等院校化学系学生的基础课之一，仪器分析实验则是大学生的一门重要实验课。D.T.索耶等著的“仪器分析实验”是一本较好的实验教科书。全书包括三篇18章73个实验。该书每章中首先扼要地阐明了与本章实验有关的基础理论，在每个实验前还概述了该实验的基本原理。因此使仪器分析课与实验课可以同时进行。实验内容广泛，对每个实验的目的、步骤、数据处理要求明确。该书第一篇为电化学分析法，包括电位滴定、电导滴定和伏安法等；第二篇为光学分析法，包括紫外可见吸收光谱、红外光谱、原子吸收和原子发射光谱以及核磁共振波谱法等；第三篇为分离方法，包括气相色谱和液相色谱法等。这些实验主要选自J.Chem.Ed.。书中引用许多重要参考文献可供查阅。

参加本书翻译工作的有（按编章顺序）：倪君蒂（第一、五、十三、十四、十五章）、司元忠（第二、四章）、黄印平（第三、九、十七、十八章）、任广柱（第四章）、叶瑞芳（第六章）、熊德宏（第七、八、十二、十六章）、胡德骅、华鹤松（第十、十一章），最后由方惠群校订。在本书翻译的过程中，得到了陈德芳副教授的热忱帮助和关心，特此致谢。由于水平有限，译文中不妥与错误之处希望广大读者批评指正。

译

者

1988年10月于南京

序

在准备和选择仪器分析教材时，对其内容及重点的不同见解一直是而且现在仍然是一个难题，并且也是一件好事。对课程实验部分的要求一般比较一致，然而缺乏能引起争论的、可靠的和真正指导性的实验教材，已经引起了许多教师的关注。这种严重不足，促进了目前一批实验室实验教材的发展。编写这本教材的目的在于表明，仪器方法对现代化学工作者的重要性，同时还赋予一定的基础理论。

在扩充和收集材料时，我们首先关心的是说明仪器方法的基本原理及其一般理论。我们不仅力图把说明仪器的分析应用的实验包括进去，而且也尽可能地包括需要使用仪器测定重要物理、化学数据的实验。后者有助于保证学生学到有关测定方面的化学原理的知识，在许多情况下还能帮助学生选择最适当的分析条件。对每个实验的基本要求应是试验过的，并且是可行的，而那种“食谱”式实验步骤应尽可能地剔去。本书的目的并不是取代其它仪器分析教材，而是提供一整套的实验来补充它们。这些实验充分地验证和说明本课程教学时所讨论的原理。本书可供许多教师作为编制本课程课堂教学材料的基础。

这主要是一本实验教材，但每一章都简要地介绍了与本章实验有关的基础理论，而且在每一章的各个实验前面，还较详细地概述了该实验的基本原理和理论。因此，实验可安排在该课程讲授前几学时进行。在许多实验中，我们建议进行实验前要交预习报告，目的是保证学生获得足够的基本知识，这对完成实验有好处。每个实验结束之后，我们还提出几个较具体的问题，以检查

学生对有关仪器方法的理解和体会。

因为有效地利用有限的实验时间是非常必要的，所以我们选择的实验既要说明仪器方法的基本原理，又要使学生牢固地掌握有关仪器方法对于各类化学问题的普遍应用。样品制备尽可能地减少，以提供最多使用仪器的时间。在本书中，我们尝试编写了能使学生思考仪器方法基本原理的实验步骤，最终目的是让学生通过实验室的实践，发现和了解仪器的技术。我们建议，在课程将近结束前的几个学时，让愿意自行设计的学生，用自己的技术知识做一个他们感兴趣的小的研究性问题。

本教材分为三篇：第一篇是电化学方法，包括电位滴定法、电导滴定法、控制电位和控制电流法。第二篇是基于电磁辐射的方法，包括紫外-可见和红外分光光度法、原子吸收和原子发射光谱、荧光光谱和核磁共振波谱法。第三篇是分离方法，包括色谱和电泳法。

在某种意义上，本书中的内容允许教师从第二或第三篇开始，而不一定是从第一篇开始。然而，作者觉得最好从电化学方法开始，因为大部分学生在基础化学课程中已全面学过溶液和离子的电学性质。平衡概念可借助于电化学技术来检验和认识，这是定量分析课程中所介绍的氧化还原和电解池原理的逻辑延伸。

本书是基于C.N.Reilley和D.T.Sawyer所编写的一种较早的版本。由于本书每个作者在和Reilley教授的合作中都深受其影响，我们衷心感谢他对我们通晓仪器方法的帮助。

作者衷心感谢同事们和学生们的意见、建议和忠告。我们特别感谢J.Ruth和K.Fogassy在原稿拷贝和插图中给予的帮助。我们感谢已故的C.N.Reilley和University of North Carolina(Chapel Hill)化学系对作者之一J.M.Beebe在1978年休假期间的热情款待，本书大部分的初期计划正是在那时完成的。也要感谢T.A.Nieman教授(University of Illinois, Urbana)、J.Coetzee教授(University of Pittsburgh)、G.

Coleman教授(University of Alabama)、F.Meeks教授(University of Cincinnati)、S.Karp教授(Long Island University, C.W.Post Center)阅读全部原稿并提出了许多有价值的建议。M.A.Rosenberg的编辑工作是富有创造性和建设性的,明显地增加了原稿的清晰度。最后,作为个人感谢我们的配偶(Shirley、Linda和Palmer)的耐心和看来似乎没有终点的努力的理解。

D.T.Sawyer

W.R.Heineman

J.M.Beebe

1984.6

目 录

译序	I
序	I
第一章 引言及参考书目	1
第一篇 电化学方法	
第二章 电位滴定法	11
实验2-1 H_3PO_4 混合物的 pH 滴定, 计算 K_1 、 K_2 和 K_3	30
实验2-2 Cl^- - I^- 混合物的电位滴定, 计算 $AgCl$ 和 AgI 的 K_{sp}	37
辅助实验	40
实验2-3 配合物形成对 Fe^{2+} 滴定的影响	44
实验2-4 非水介质中的酸碱滴定: 滴定尼古丁	49
实验2-5 离子选择电极	57
辅助实验	66
实验2-6 pH滴定法测定铜(II)-乙二胺的稳定常数	70
第三章 电导滴定法	77
实验3-1 $NaOH$ 溶液滴定 HCl 和 $HOAc$ 的电导滴定: 测定醋酸的 K_a	84
辅助实验	87
实验3-2 电导滴定测定相对难溶化合物醋酸银的溶解度	92
第四章 控制电位法(伏安法)	96
实验4-1 循环伏安法	106
实验4-2 循环伏安法研究电极机理	113
实验4-3 质子惰性介质中 O_2 和 SO_2 的循环伏安法	119
实验4-4 极谱法	126
实验4-5 示差脉冲极谱法	136

辅助实验	.....	140
实验4-6	有机化合物的极谱法: 硝基苯	141
实验4-7	极谱法或脉冲极谱法测定金属离子配合物的 化学式和形成常数	144
实验4-8	阳极溶出伏安法	149
实验4-9	光谱电化学和薄层电池	156
实验4-10	滴汞电极的电流滴定法	166
实验4-11	旋转铂电极的电流滴定法	173
实验4-12	双极化电极检测终点	177
实验4-13	固定酶电极测定葡萄糖	184
第五章	电解法和控制电流法	188
实验5-1	电重量法分析铜-镍混合物	193
辅助实验	.....	195
实验5-2	恒电流库仑法: 滴定砷	198
实验5-3	计时电位法	203

第二篇 基于电磁辐射的方法

第六章	紫外-可见吸收光谱法	211
实验6-1	可见区分光光度法: 吸收光谱、Beer定律, 以及同时分析双组分混合物	217
辅助实验	.....	234
实验6-2	“精密”分光光度法	236
辅助实验	.....	243
实验6-3	近红外区光度法检测终点和分光光度法	245
辅助实验	.....	251
实验6-4	指示剂的 pK_a	253
辅助实验	.....	258
实验6-5	分光光度法测定配合离子的化学式和稳定常数	260
辅助实验	.....	268
实验6-6	芳烃混合物的定性及定量分析	272
实验6-7	分析药物混合物	277
实验6-8	同时测定维生素C和维生素E	280

第七章	电子跃迁吸收光谱法	282
实验 7-1	有机分子的电子跃迁	286
实验 7-2	过渡金属配合物的电子跃迁	289
第八章	红外光谱法	291
实验 8-1	红外分光光度测定	298
实验 8-2	醛和酮的光谱	304
实验 8-3	测定单体和聚合物	306
第九章	原子吸收和原子发射光谱法	312
实验 9-1	原子吸收测定	314
实验 9-2	无火焰原子吸收分光光度法测定空气、水和鱼中的汞	329
实验 9-3	原子吸收测定食品中钙、铁和铜	333
实验 9-4	火焰光度法测定碱和碱土金属	336
辅助实验	.....	342
第十章	荧光光谱法	344
实验 10-1	奎宁的特性及其测定	349
实验 10-2	荧光法测定荧光素	358
实验 10-3	荧光法测定药品(乙酰水杨酸和水杨酸)	363
实验 10-4	表面活性剂的临界胶束浓度	368
实验 10-5	硫胺素氧化为硫色素测定汞(Ⅰ)	370
第十一章	核磁共振波谱法	372
实验 11-1	质子 NMR 波谱、化学位移和偶合常数	381
实验 11-2	有机碱的 pK_0 值	385
实验 11-3	乙酰丙酮的质子 NMR 波谱, 研究酮-烯醇 互变异构现象	388
实验 11-4	质子 NMR 测定甲基亚胺二乙酸的质子化次序和铜- 甲基亚胺二乙酸配合物的化学计量比	393
实验 11-5	质子 NMR 分析 APC 药片	396
实验 11-6	质子 NMR 测定氨基酸的结构和简单二肽的次序	399
实验 11-7	核磁共振波谱法: NMR 检测跟踪氨基丙酸的滴定	404
实验 11-8	核磁共振波谱法: ^{13}C NMR 谱的判断——研究 扁桃甙(Laetrile)	406

实验11-9	磁共振波谱法：有机游离基的ESR波谱	411
实验11-10	磁共振波谱法：过渡金属配合物的ESR谱	417

第三篇 分离方法

第十二章	气相色谱法	421
实验12-1	测定气相色谱的最佳流速	430
实验12-2	气相色谱法定量分析混合物	436
实验12-3	气相色谱法计算分离度和定性鉴定烷烃	440
实验12-4	气相色谱法研究连续反应动力学	443
实验12-5	气相色谱法研究羧去反应的机理及丁醇的脱水作用	447
第十三章	高效液相色谱法	451
实验13-1	高效液相色谱法测定药物：测定饮料中咖啡因	456
实验13-2	高效液相色谱法分离尿化合物	460
实验13-3	高效液相色谱法测定抗菌素	464
实验13-4	高效液相色谱法分离芳烃	469
实验13-5	高效液相色谱法分离糖类	471
第十四章	排阻色谱法	476
实验14-1	排阻色谱法：血红蛋白的特性	480
第十五章	离子交换色谱法	484
实验15-1	离子交换树脂和螯合滴定	487
实验15-2	离子交换分离铁-钴	494
第十六章	液-固色谱法	501
实验16-1	分光光度测定色谱分离的顺、反偶氮苯	504
实验16-2	液-固色谱法和紫外光谱定量分析APC药片	507
第十七章	薄层色谱法	511
实验17-1	薄层色谱法和氨基酸衍生物的分离	515
第十八章	电泳	521
实验18-1	电泳：蛋白质的等电点	526

附 录

附录一	根据1972~1982年J. Chem. Ed. 专门设计的 实验	530
附录二	相关图	535

第一章 引言及参考书目

仪器是现代实验化学的工具，可以方便地用于研究、分析和过程控制。顾名思义，仪器分析就通常认识而言，是与分析工作完全同义的。虽然仪器对现代分析工作者的工作是不可缺少的，但它们对各种各样的化学家，无论他们的工作是常规的，或是最基础和探索性的，也都是同样重要的工具。因此，应开阔视野。仪器方法的学习，不仅应重视了解一台特定仪器的元件以及构成该仪器组成部分的精密程度，而且还应重视应用它们去解决化学中的问题。

化学家在面临一个紧迫的化学问题时，常常首先需要得到一份有关仪器方法的介绍，然后就要急匆匆地阅读说明书，使仪器迅速地运行起来。虽然这种方法表面上很有利，但效率不高，并且可能得到不可靠的数据。一种节外生枝、令人遗憾的倾向是化学家只使用自己熟悉的方法，尽管当时有更方便和更适宜的方法可以运用。明智的作法是，在使用仪器之前要全面地理解仪器所基于的物理原理，并且要了解仪器基于这些原理所带来的局限性。利用这些原理使仪器适用性最好，也是要着重考虑的一个问题。只有通过对仪器方法的了解，才可能使受过良好训练的化学家选择最适于针对眼前问题的仪器方法。

上述因素是本书编辑实验的基础。书中每章都包括了一个专门仪器方法。在每一章内做一个或几个实验，学生可以获得牢固的基本原理的知识，并能懂得所涉及的特定仪器方法在哪方面以最大使用效率得到最好的应用。

如果在每个实验前写出一个实验计划，则能够从实验及实验

时间中获得更多的东西。这个实验计划应包括实验目的的简要叙述、要观察的注意点以及实验过程中几个决定性因素的概述。这样一个计划，不仅使人们对特定实验的思路系统化，而且对所要完成的实验进行有条理的叙述，因此就可能有效地使用实验室时间。

除了本书包括的实验之外，应提倡学生至少设计一二个自己的实验，教师可以给予提示。设计思想可以从文献中获得。实验可以以研究课题的形式出现。

另一种类型的课题可以以某一特定材料，如合金、矿石或其它多组分混合物中某一元素的测定为基础。首先，根据文献，按照经典的化学步骤提出一种分析方法；其次，再根据文献提供的信息和思想按仪器方法提出或设计一种分析方法。这两种方法都要用简洁而不是琐碎的语言写出来，并需得到教师的批准。然后用两种方法分析这个材料，并比较每种方法的方便性、准确度和精密度。

很多仪器技术都未包括在本书中，主要由于费用、复杂性或它们的操作需要熟练的技术。这决不有损于化学家对它们的重要性和有用程度的评价。这些技术包括质谱、X射线发射、吸收、衍射和荧光、电子显微法、超速离心法。本书讨论的某些仪器在一些实验室中可能不具备，如质子核磁共振波谱仪。学生必须在像对待某课程中实际存在的仪器一样，对不具备的仪器也应同样完整地理解。

真诚地鼓励学生尽可能地把时间花在课外阅读以及对有用的仪器方法有广泛而基本的了解，将来几乎没有什么机会能够有时间和精力获得这些基本知识。这篇引言最好条理化并作为正式课程的一部分。学生花极少精力也就是说按“食谱”做实验，相应地将从他花去的时间中获得极少的报答。学生只有通过适当的准备，才能有效地使用时间，特别对于容易混淆和很复杂的实验更是如此。

下列参考书目概述了关于仪器方法及其在化学中应用的一部分有用的著作。

参 考 书 目

- Bauer, H. H., G. D. Christian, and J. E. O'Reilly: "Instrumental Analysis," Allyn & Bacon, Boston, 1978.
Bi-Annual Reviews, *Anal. Chem.*, April issue, even-numbered years.
Ewing, G. W.: "Instrumental Methods of Chemical Analysis," 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1975.
- Kolthoff, I. M., and P. J. Elving (eds.): "Treatise on Analytical Chemistry," Interscience, New York (a multi-volume series).
Kuwana, T. (ed.): "Physical Methods on Modern Chemical Analysis," Academic Press, New York, 1978 (a multi-volume series).
Mann, C. K., T. J. Vickers, and W. M. Gulick: "Instrumental Analysis," Harper & Row, New York, 1974.
Pecsok, R. L., L. D. Shields, T. Cairns, and I. G. McWilliam: "Modern Methods of Chemical Analysis," 2nd ed., Wiley, New York, 1976.
Skoog, D. A., and D. M. West: "Principles of Instrumental Analysis," 2nd ed., Saunders, Philadelphia, 1980.
Strobel, H. A.: "Chemical Instrumentation," 2nd ed., Addison-Wesley, Reading, Mass., 1973.
Weissberger, A., and B. W. Rossiter (eds.): "Techniques of Chemistry," vol. 1: "Physical Methods of Chemistry," Wiley-Interscience, New York, 1971-1977 (six parts).
Willard, H. H., L. L. Merritt, Jr., J. A. Dean, and F. A. Settle, Jr.: "Instrumental Methods of Analysis," 6th ed., Van Nostrand, New York, 1981.

第一篇 电化学方法

- Adams, R. N.: "Electrochemistry at Solid Electrodes," Dekker, New York, 1969.
Bard, A. J., and L. R. Faulkner: "Electrochemical Methods," Wiley, New York, 1980.
Bockris, J. O'M., and A. K. N. Reddy: "Modern Electrochemistry," vols. I and II, Plenum, New York, 1970.
Delahay, P.: "New Instrumental Methods in Electrochemistry," Interscience, New York, 1954.
Galus, Z.: "Fundamentals of Electrochemical Analysis," Horwood, Halsted Press, London, 1976.
Kissinger, P. T., and W. R. Heineman (eds.): "Laboratory Techniques in Electroanalytical Chemistry," Dekker, New York, 1984.
Kolthoff, I. M., and P. J. Elving (eds.): "Treatise on Analytical Chemistry," part I, vol. 4, sec. D-2, Interscience, New York, 1963.
Lingane, J. J.: "Electroanalytical Chemistry," 2nd ed., Interscience, New York, 1978.
Macdonald, D. D.: "Transient Techniques in Electrochemistry," Plenum, New York, 1977.

- Plambeck, J. A.: "Electroanalytical Chemistry," Wiley, New York, 1982.
- Sawyer, D. T., and J. L. Roberts, Jr.: "Experimental Electrochemistry for Chemists," Wiley-Interscience, New York, 1974.
- Weissberger, A., and B. W. Rossiter (eds.): "Techniques of Chemistry," vol. I: "Physical Methods of Chemistry," part II, Wiley-Interscience, New York, 1971.

电位滴定法

- Bates, R. G.: "Determination of pH," Wiley, New York, 1973.
- Covington, A. K.: "Ion-Selective Electrode Methodology," vols. I and II, CRC Press, Boca Raton, Fla., 1979.
- Durst, R. A. (ed.): "Ion-Selective Electrodes," National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1969.
- Freiser, H. (ed.): "Ion-Selective Electrodes in Analytical Chemistry," vols. I and II, Plenum, New York, 1978, 1980.
- Koryta, J.: "Ion-Selective Electrodes," Cambridge University Press, Cambridge, 1975.
- Laitinen, H. A., and W. E. Harris: "Chemical Analysis," 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1975, chaps. 12 and 13.
- Ramette, R. W.: "Chemical Equilibrium and Analysis," Addison-Wesley, Reading, Mass., 1981, chaps. 8 and 11.

电导滴定法

- Britton, H. T. S.: "Conductometric Analysis," Van Nostrand, Princeton, N.J., 1934.
- Reilly, C. N.: High Frequency Methods, chap. 15 in "New Instrumental Methods in Electrochemistry," P. Delahay (ed.), Interscience, New York, 1954.

控制电位法 (伏安法)

- Adams, R. N.: "Electrochemistry at Solid Electrodes," Dekker, New York, 1969, chap. 5.
- Bond, A. M.: "Modern Polarographic Methods in Analytical Chemistry," Dekker, New York, 1980.
- Kolthoff, I. M., and J. J. Lingane: "Polarography," 2nd ed., Interscience, New York, 1952.
- Meites, L.: "Polarographic Techniques," 2nd ed., Wiley-Interscience, New York, 1965.

第二篇 基于电磁辐射的方法

- Bentley, K. W., and G. W. Kirby (eds.): "Techniques of Chemistry," vol. IV: "Elucidation of Organic Structures by Physical and Chemical Methods," 2nd ed., part I, Wiley-Interscience, New York, 1972.
- Elving, P. J., M. M. Bursey, and I. M. Kolthoff (eds.): "Treatise on Analytical Chemistry," 2nd ed., part I, vol. 10, sec. 1, Interscience, New York, 1983.
- Elving, P. J., E. J. Meehan, and I. M. Kolthoff (eds.): "Treatise on Analytical Chemistry," 2nd ed., part I, vol. 7, sec. H, Interscience, New York, 1981.
- Lambert, J. B., H. F. Shurvell, L. Verbit, R. G. Cooks, and G. H. Stout: "Organic Structural Analysis," Macmillan, New York, 1976.
- Mellon, M. G. (ed.): "Analytical Absorption Spectroscopy," Wiley, New York, 1950.
- Olsen, E. D.: "Modern Optical Methods of Analysis," McGraw-Hill, New York, 1975.
- Pastor, D. J., and C. R. Johnson: "Organic Structure Determination," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1969.
- Silverstein, R. M., G. C. Bassler, and T. C. Morrill: "Spectrophotometric Identification of Organic Compounds," 4th ed., Wiley, New York, 1981.
- Weissberger, A., and B. W. Rossiter (eds.): "Techniques of Chemistry," vol. I: "Physical Methods of Chemistry," part IIIB, Wiley-Interscience, New York, 1972.

紫外-可见吸收光谱法

- Jaffe, H. H., and M. Orchin: "Theory and Applications of Ultraviolet Spectroscopy," Wiley, New York, 1962.
- Lever, A. B. P.: "Inorganic Electronic Spectroscopy," Elsevier, Amsterdam, 1968.

红外光谱法

- Bellamy, L. J.: "The Infrared Spectra of Complex Molecules," 3rd ed., Wiley, New York, 1975.
- Brame, E. G., and J. Graselli (eds.): "Infrared and Raman Spectroscopy," Dekker, New York, 1977.
- Colthup, N. B., L. H. Daly, and S. E. Wiberley: "Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy," 2nd ed., Academic Press, New York, 1974.

原子吸收光谱法

- Dean, J. F., and T. Rains (eds.): "Flame Emission and Atomic Absorption Spectrometry," vols. I and II, Dekker, New York, 1969, 1971,

荧光光谱法

- Guilbault, G. G. (ed.): "Practical Fluorescence: Theory, Methods, Techniques," Dekker, New York, 1973.
- Pesce, A. J., C. G. Rosen, and T. L. Pasby (eds.): "Fluorescence Spectroscopy: An Introduction for Biology and Medicine," Dekker, New York, 1971.
- Udenfriend, S.: "Fluorescence Assay in Biology and Medicine," vols. I and II, Academic Press, New York, 1962, 1969.
- Wehry, E. L.: "Modern Fluorescence Spectroscopy," vols. I and II, Plenum, New York, 1976.
- White, C. E., and R. F. Argauer: "Fluorescence Analysis. A Practical Approach," Dekker, New York, 1970.
- Winefordner, J. D., S. G. Schulman, and T. C. O'Haver: "Luminescence Spectrometry in Analytical Chemistry," Wiley, New York, 1972.

NMR波谱法和ESR波谱法

- Akitt, J. W.: "N.M.R. and Chemistry; An Introduction to Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy," Chapman and Hall, London, 1973.
- Becker, E. D.: "High Resolution NMR," 2nd ed., Academic Press, New York, 1980.
- Emsley, J. W., J. Feeney, and L. H. Sutcliffe: "High Resolution Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy," vols. I and II, Pergamon, Oxford, 1965.
- Levy, G. C., and G. L. Nelson: "Carbon-13 Nuclear Magnetic Resonance for Organic Chemists," Wiley-Interscience, New York, 1972.
- Strothers, J. B.: "Carbon-13 NMR Spectroscopy," Academic Press, New York, 1972.
- Swartz, H. M., J. R. Bolton, and D. C. Borg (eds.): "Biological Applications of Electron Spin Resonance," Wiley-Interscience, New York, 1972.
- Yen, T. F. (ed.): "Electron Spin Resonance of Metal Complexes," Plenum, New York, 1969.

第三篇 分离方法

- Elving, P. J., E. Grushka, and I. M. Kolthoff: "Treatise on Analytical Chemistry," 2nd ed., part I, vol. 5, sec. G, Interscience, New York, 1982.
- Heftmann, E.: "Chromatography," 3rd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1975.
- Helfferich, F., and G. Klein: "Multicomponent Chromatography; Theory of Interference," Dekker, New York, 1970.
- Karger, B. L., L. R. Snyder, and C. Horvath: "An Introduction to Separation Science," Wiley, New York, 1973.
- Laitinen, H. A., and W. E. Harris: "Chemical Analysis," 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1975.