

简明分析化学

主编 马成有 王英华 来雅文



科学出版社

简明分析化学

主 编 马成有 王英华 来雅文

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分8章,包括绪论、定量分析的误差和数据处理、滴定分析法概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法、分光光度法。每章后附有本章小结、思考及练习题。在主体内容上力求简明扼要,脉络清晰。在具体细节上,深入探讨,体现研究型教学的特点。

本书可作为高等院校农学、地学、食品、医学、生物技术等相关专业本科生的分析化学教材,同时可供分析化学教师及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

简明分析化学 / 马成有, 王英华, 来雅文主编. —北京: 科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-052419-5

I. ①简… II. ①马… ②王… ③来… III. ①分析化学 IV. ①O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第055477号

责任编辑: 陈雅娴 / 责任校对: 何艳萍
责任印制: 赵 博 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencecp.com>

三河市书文印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年3月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017年3月第一次印刷 印张: 19 1/4

字数: 377 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《简明分析化学》编写委员会

主 编 马成有 王英华 来雅文

副主编 许迪欧 任林柱 卢 可

汤肖丹 赵新运

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

邱建城 来雅文 李东哲 卢 可

马成有 任林柱 汤肖丹 田 微

王 楠 王英华 许迪欧 闫冬梅

赵 昕 赵新运 邹 楠

前 言

为贯彻落实教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》(教高[2011]5号)和《吉林大学中长期改革与发展规划纲要(2011—2020)》，编者积极参与吉林大学本科“十二五”规划教材建设工作，以分析化学讲义为基础，在总结多年教学经验基础上编写了本书。

分析化学是一门计算精确、原理明确的科学，其知识系统性、内容连贯性强，较其他学科来说，分析化学以实验为基础，注重理论与实验相结合，注重实验细节。本书在内容安排上既充分考虑学科特点，又力求简明扼要、繁中求简。

分析化学是化学专业的基础课程之一，也是农学、地学、食品、医学、生物技术等相关专业的重要基础理论课程之一。通过本课程的学习，学生应掌握分析化学的基本理论，准确树立“量”的概念，在四大平衡的基础上了解滴定分析的基本原理和常见的具体应用。分析化学分为化学分析和仪器分析两个主要部分。本书主要内容是化学分析部分，具体包括：误差和分析数据处理、滴定分析法概论、酸碱滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、氧化还原滴定法，以及仪器分析中的分光光度法等内容。仪器分析也是分析化学的主要内容之一，其中分光光度法是仪器分析中很有代表性的一种光学分析方法，因此本书最后补充了这一方法的介绍。

本书编写分工如下：吉林大学王英华负责第1章和第3章，马成有负责第2章和第4章，许迪欧负责第5章，邸建城负责第6章，汤肖丹负责第7章，来雅文负责第8章；吉林大学任林柱、李东哲、闫冬梅和长春水利电力学校田微等负责部分图表的绘制以及文字、数据的校对工作；长春工程学院王楠及吉林大学卢可、邹楠、赵新运、赵昕等负责附录与每章思考及练习题的编写。全书由马成有负责统一整理、补充、修改，王英华负责定稿。

感谢吉林大学原农学部教务处、吉林大学教务处在本书出版过程中给予的大力支持，尤其是常晓宏老师给予的具体指导与帮助。感谢科学出版社通力合作。在本书编写过程中，参考、借鉴了相关学科的教材内容，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，加之成稿时间仓促，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2016年12月于长春

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 分析化学的任务和作用	1
1.2 分析方法的分类	2
1.2.1 结构分析、定性分析和定量分析	2
1.2.2 无机分析和有机分析	2
1.2.3 化学分析和仪器分析	2
1.2.4 常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析	4
1.3 分析化学的发展简史	4
本章小结	6
思考及练习题	7
第 2 章 定量分析的误差和数据处理	8
2.1 误差的种类及产生的原因	8
2.1.1 系统误差	8
2.1.2 随机误差	9
2.2 误差的表征——准确度和精密度	10
2.3 误差的表示方法——误差与偏差	11
2.3.1 准确度与误差	11
2.3.2 精密度与偏差	12
2.4 分析数据的统计处理与评价	14
2.4.1 随机误差的正态分布规律	14
2.4.2 有限次测定数据的统计处理—— t 分布曲线	16
2.4.3 显著性检验	19
2.4.4 可疑值的取舍	22
2.4.5 分析结果的报告	24
2.5 提高测定结果准确度的措施	25
2.5.1 减小测量误差	25
2.5.2 减小偶然误差	26
2.5.3 消除系统误差	26

2.6	有效数字及其运算规则	27
2.6.1	有效数字及其确定	27
2.6.2	有效数字的修约规则	28
2.6.3	有效数字的运算规则	29
	本章小结	30
	思考及练习题	35
第3章	滴定分析法概论	37
3.1	滴定分析的基础知识	37
3.1.1	滴定分析的术语	37
3.1.2	滴定分析的特点	37
3.1.3	滴定分析的分类	38
3.1.4	滴定分析的要求	39
3.1.5	滴定分析的方式	40
3.2	滴定分析中的标准溶液	41
3.2.1	标准溶液浓度的表示方法	41
3.2.2	标准溶液的配制和标定	43
	本章小结	48
	思考及练习题	49
第4章	酸碱滴定法	52
4.1	酸碱质子理论	52
4.1.1	酸碱定义和共轭酸碱对	52
4.1.2	酸碱反应	53
4.1.3	酸碱的强弱、共轭酸碱的 K_a^\ominus 和 K_b^\ominus 对应关系	54
4.2	酸碱溶液中氢离子浓度的计算	56
4.2.1	酸度对水溶液中弱酸(碱)型体分布的影响	57
4.2.2	质子条件式	64
4.2.3	各种类型水溶液酸度计算	65
4.3	酸碱指示剂	77
4.3.1	酸碱指示剂的变色原理	77
4.3.2	酸碱指示剂的变色范围	78
4.3.3	影响酸碱指示剂变色范围的因素	81
4.3.4	混合指示剂	81
4.4	酸碱滴定法原理	83
4.4.1	强酸强碱的滴定	84
4.4.2	一元弱酸(碱)的滴定	88

4.4.3	多元酸(碱)的滴定	96
4.4.4	混合酸(碱)的滴定	101
4.4.5	酸碱滴定中 CO_2 的影响	102
4.4.6	酸碱滴定中的返滴定法	107
4.5	酸碱滴定法的应用	108
4.5.1	酸碱标准溶液的配制及标定	108
4.5.2	酸碱滴定法应用实例	111
	本章小结	117
	思考及练习题	126
第 5 章	沉淀滴定法	129
5.1	银量法的滴定曲线	129
5.2	银量法的分类	132
5.2.1	莫尔法	132
5.2.2	福尔哈德法	135
5.2.3	法扬斯法	137
	本章小结	138
	思考及练习题	141
第 6 章	配位滴定法	143
6.1	EDTA 的分析特性	144
6.1.1	乙二胺四乙酸的性质及其离解平衡	144
6.1.2	EDTA 与金属离子形成螯合物的特点	145
6.2	影响 M-EDTA 配合物稳定性的因素	147
6.2.1	M-EDTA 配合物的稳定性	147
6.2.2	配位反应的副反应及副反应系数	148
6.2.3	M-EDTA 配合物的条件稳定常数	156
6.3	配位滴定法的基本原理(单一金属离子的滴定)	157
6.3.1	配位滴定曲线	157
6.3.2	影响配位滴定突跃的因素	160
6.3.3	单一金属离子准确滴定的条件	162
6.3.4	单一金属离子滴定的适宜酸度范围	163
6.4	金属离子指示剂	166
6.4.1	金属离子指示剂的性质和作用原理	166
6.4.2	金属离子指示剂应具备的条件	167
6.4.3	金属离子指示剂在使用中存在的问题	168
6.4.4	常用金属离子指示剂简介	169

6.4.5	金属离子指示剂的变色点和选择	171
6.5	混合离子滴定简介	174
6.5.1	控制酸度进行分步滴定	175
6.5.2	使用掩蔽剂的选择性滴定	177
6.6	配位滴定法的应用	179
6.6.1	滴定方式	179
6.6.2	标准溶液的配制和标定	181
	本章小结	181
	思考及练习题	188
第 7 章	氧化还原滴定法	190
7.1	氧化还原反应的基本知识	190
7.1.1	条件电极电势	191
7.1.2	影响条件电极电势的因素	195
7.1.3	氧化还原反应进行的程度	200
7.1.4	氧化还原反应的速率及其影响因素	203
7.2	氧化还原滴定的基本原理	206
7.2.1	氧化还原滴定曲线	206
7.2.2	影响氧化还原反应滴定曲线的因素	210
7.3	氧化还原滴定中的指示剂	212
7.3.1	自身指示剂	212
7.3.2	特殊指示剂	212
7.3.3	氧化还原指示剂	212
7.4	重要的氧化还原反应及其应用	214
7.4.1	高锰酸钾法	215
7.4.2	重铬酸钾法	218
7.4.3	碘量法	220
	本章小结	224
	思考及练习题	233
第 8 章	分光光度法	235
8.1	分光光度法概述	235
8.2	分光光度法的基本原理	236
8.2.1	光的基本性质	236
8.2.2	溶液的颜色和对光的选择性吸收	237
8.2.3	吸收光谱曲线	238
8.2.4	光吸收定律——朗伯-比尔定律	239

8.3 分光光度计·····	241
8.3.1 光度分析仪的基本部件·····	241
8.3.2 吸光度的测定·····	244
8.3.3 分光光度计简介·····	244
8.4 分光光度的定量分析方法及其应用·····	247
8.4.1 分光光度的定量分析方法·····	247
8.4.2 分光光度法的应用·····	254
本章小结·····	257
思考及练习题·····	260
参考文献·····	263
附录·····	264
附录 1 弱酸、弱碱的离解常数·····	264
附录 2 常用难溶电解质的溶度积常数·····	270
附录 3 配合物稳定常数·····	275
附录 4 常用标准电极电势·····	287

第1章 绪 论

分析化学是化学学科的一个重要分支，是研究物质的化学组成的分析方法及相关理论的一门学科。它通过发展和应用各种理论、方法、仪器和技术等来获取物质的组成和性质的信息，现在又称分析科学。

1.1 分析化学的任务和作用

分析化学的任务是鉴定物质的化学结构、化学成分及测定各成分的含量，它们分别属于结构分析、定性分析及定量分析研究的内容。要解决这些问题，就要应用相应的实验方法、实验技术和实验仪器。分析化学还担负着不断建立新的分析方法、开发新的实验技术和研究新的分析仪器的任务。

分析化学作为化学的分支学科，无论是对化学学科本身的发展还是化学相关学科的发展都起着至关重要的作用，在化学领域被称为“现代化学之母”，是应用非常广泛的学科。同时，分析化学与数学、物理学、计算机科学、信息学、制造学、自动化技术等相互结合，学科发展不断被促进和推动。生命科学、食品科学、环境科学、地球科学、能源科学、材料科学、医药科学等领域为分析化学提供了广阔的发展空间，同时也给分析化学提出了更高的要求。

分析化学研究的范围很广泛。从分析对象来说，包括各种气态、固态或液态的无机物质和有机物质；从分析要求来说，包括对各种元素、化合物等的定性分析和定量分析，以及它们的存在形式和结构分析；从分析方法来说，包括各种化学方法、物理方法和物理化学方法等。

分析化学的应用十分广泛，它几乎与国民经济中的各个领域都有密切的联系。分析化学有“工农业生产的眼睛”、“科学研究的参谋”之称，是实现工业、农业、国防和科学技术现代化的重要手段和工具。在农业方面，对农药、化肥的研制，对土壤性质的分析，对农作物生长过程及规律的研究等，都要用到分析化学。在工业方面，工业原料的选择，工艺流程的控制，工业产品的检验都必须以分析结果为重要依据。在国防、公共安全等领域，武器装备的生产和研制，侦察、破获敌特活动和刑事犯罪方面也经常需要分析化学的紧密配合。在地球化学领域，岩石矿物等地质样品的分析测试，土壤、水、大气等样品的分析测试都需要用到分析化学的知识。化学学科的其他分支学科——无机化学、有机化学、物理化学、

高分子化学、环境化学、放射化学等的发展也需要运用分析化学的方法来解决科学研究中的各种问题。现代生物学已经发展到分子水平，对分析化学提出了更高的要求，如单个细胞内检测痕量元素及其结合形式、活体分析以及基因序列测试。考古学也要利用分析化学来探求远古时代的秘密。

分析化学是一门实践性很强的学科，在掌握基本理论的同时，必须认真锻炼实验操作技能，分析并解决实验中的各种问题，要学会设计实验，知其然，更应知其所以然。

1.2 分析方法的分类

根据分析任务、分析对象、测试原理、操作方法和具体要求的不同，分析方法可分为许多种类。

1.2.1 结构分析、定性分析和定量分析

结构分析的任务是研究物质的分子结构、晶体结构或综合形态。定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、原子团、官能团或化合物组成。定量分析的任务是测定物质有关组分的含量。

1.2.2 无机分析和有机分析

根据分析对象是无机物质还是有机物质，分为无机分析和有机分析。分析对象不同，对分析方法的要求和分析使用手段都有所不同。无机物质所含的种类较多，分析结果以元素、离子、化合物等形式以及它们的相对含量表示；有机物质组成的元素种类虽然较少，但是结构复杂，要进行官能团的分析和结构分析。根据分析对象的不同，还可以进一步分类，如食品分析、环境样品分析、冶金分析、岩矿分析、药物分析、材料分析及生物样品分析等。

1.2.3 化学分析和仪器分析

根据测定原理，可将分析化学分为化学分析和仪器分析。

1. 化学分析

以物质的化学反应为基础的分析方法称为化学分析。许多定性分析中的分离和鉴定反应都是利用化学反应生成气体、沉淀或有色物质而进行的。定量分析主要有滴定分析法、重量分析法和气体分析法。

(1) 滴定分析法是将其中一种溶液用滴定管逐滴加入另一种体积准确已知的

溶液中，两种溶液中，其一浓度准确已知，两者按照化学计量关系反应完毕后，根据两者的体积和其一的浓度，即可准确计算另一种溶液的浓度，得被测组分的含量。此法简便、快速，并且准确度较高，是最常用的定量化学分析方法。

(2)重量分析法是利用被测物质与加入的试剂反应，生成稳定的沉淀，经过滤、洗涤、烘干，称量所得沉淀的质量，再根据化学计量关系，即可算得被测物质的质量。此方法结果准确度很高，但是操作比较麻烦，现在也很少用。

(3)气体分析法是利用化学反应前后气体体积的变化进行定量测定的方法，其理论基础是气体定律，如理想气体状态方程、道尔顿气体分压定律等。气体分析法准确度不高。

2. 仪器分析

仪器分析是以物质的物理性质或物理化学性质为依据而设计的分析方法。这类方法通过测量物质的物理或物理化学参数来进行，需要较特殊的仪器，因此称为仪器分析。

依据具体的测定原理，仪器分析可分为光学分析法、电化学分析法、色谱分析法及质谱分析法等。随着科学技术的发展，各种新的仪器分析方法还在不断地被发现，新的仪器被不断地制造出来。仪器分析方法快速、灵敏，适用于微量、痕量组分的分析，在各行各业都有使用。

(1)光化学分析是根据物质对特定波长的辐射能的吸收或发射建立起来的分析方法，有两大类：吸收光谱法和发射光谱法。

(2)电化学分析是利用物质的电学或电学性质建立的分析方法，如电位分析法、电解分析法、库仑分析法、极谱分析法和电导分析法。

(3)色谱分析是根据物质的吸附或溶解性能不同而建立起来的分离、分析方法，主要有气相色谱分析法和液相色谱分析法。

(4)质谱分析法是将离子按其质量与所带电荷的比值(简称质荷比，用 m/e 或 m/z 表示)的不同进行分离和测定的分析方法，简称质谱法。

仪器分析的出现是分析化学史上的一次重大变革，是现代分析化学的主体和发展方向。化学分析和仪器分析是分析化学的两大分支，两者互为补充。化学分析是仪器分析的基础，仪器分析本身离不开化学分析的原理和技术，并且对待分析样品的前处理、标准溶液的配制和标定、测定过程中对干扰的掩蔽等都需要利用化学分析的知识和方法进行解决和处理。分光光度法对显色反应的研究、离子选择性电极对电化学界面结构和机理的研究、色谱法对物质分离技术的研究等本身就属于化学分析研究的范畴。

1.2.4 常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析

根据分析过程中所用试样的用量及操作方法不同,可分为常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析。具体情况见表 1-1。

表 1-1 根据试样用量分类的各种分析方法

分析方法	试样用量/ mg	试液体积/ mL
常量分析	>100	>10
半微量分析	10~100	1~10
微量分析	0.1~10	0.01~1
痕量分析	<0.1	<0.01

以上分类方法的划分是人为的,不同的国家或部门常有不同的分类方法。

常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析并不表示它们与被测组分含量之间的关系。通常根据被测组分的质量分数,又粗略地分类为常量组分分析(>1%)、微量组分分析(0.01%~1%)和痕量组分分析(<0.01%),见表 1-2。

表 1-2 根据被测组分的质量分数分类的分析方法

分析方法	组分质量分数/%
常量组分分析	>1
微量组分分析	0.01~1
痕量组分分析	<0.01

1.3 分析化学的发展简史

分析化学的发展具有悠久的历史,起源可以追溯到几千年前古人为了追求长生不老而对炼丹术的研究。16 世纪出现了第一个使用天平的实验室,才使分析化学开始具有科学的内涵。无机定性分析曾一度是化学科学的前沿,它对元素的发现和地质、矿产资源的勘探等都起过重要的作用;定量分析对工农业生产的发展,特别是许多化学基本定律的确定作出过巨大贡献。但是,分析化学发展成为一门独立的学科,一般认为是 20 世纪初。

20 世纪以来,由于现代科学技术的发展,相邻学科间的相互渗透,分析化学

的发展经历了三次巨大变革。

第一次变革：发生在20世纪初，由于物理化学的发展，具体就是化学热力学的发展，溶液中四大平衡理论的建立，分析化学从一门技术发展成一门科学，成为化学的一个分支。

第二次变革：发生在第二次世界大战前后，直到20世纪60年代，物理学、电子学、半导体及原子能工业的发展促进了分析中物理方法的发展。一些简便、快速的仪器分析方法取代了常规的分析方法，奠定了仪器分析发展的基础。当时，有人称与其把今天的分析化学叫“分析化学”还不如叫“分析物理”更符合实际。也可以说，20世纪60年代是分析化学、物理学、电子学结合的时代。

第三次变革：从20世纪70年代末到现在，在以计算机应用为主要标志的信息时代，计算机技术的飞速发展给科学技术的发展带来巨大的活力，分析化学正处在第三次变革时期。对分析化学的要求不再限于定性分析和定量分析的范畴，而是要求能提供更多、更全面、更深层次的信息。从常量到微量及微粒分析，从组成到形态分析，从总体到微区分析，从宏观组分到微观结构分析，从整体到表面及逐层分析，从静态到快速反应追踪分析，从破坏试样到无损分析，从离线到在线分析等。总之，分析化学吸收了当代科学技术的最新成就，利用一切可以利用的物质性质，建立了分析化学的新技术和新方法。

现在的分析化学在生命科学、食品科学、环境科学、材料科学等领域有着辉煌的发展前景，在这些研究领域起着越来越重要的作用，并逐渐发展了一些边缘学科和分支学科。分析化学自身也向着灵敏度更高、准确度更高、选择性更好的方向发展。

计算机技术的发展提高了仪器分析的灵敏度和准确度，检出限更低，如激光探针质谱法对某金属的检出限可达 $10^{-20} \sim 10^{-19} \text{ g}$ ，电子探针分析所用试液体积最少可达 10^{-12} mL ，高含量的组分分析测定的相对误差可达0.01%以下。另外，计算机在分析数据处理、实验条件选择及优化中起着越来越重要的作用。

不同分析方法的联合应用也是分析化学的一个重要发展方向。充分发挥各种分析方法的优点，使分析功能更为强大，如气相色谱与质谱联用、高效液相色谱与质谱联用、气相色谱与红外光谱联用、等离子体与质谱联用、高效液相色谱与核磁共振技术联用。随着科学技术的发展，各种高精尖仪器更会脱颖而出，达到令人意想不到的效果。

在所有的分析化学方法研究中，都是以提高分析方法或仪器的灵敏度、准确度、选择性、自动化、智能化、人性化为目标。

分析化学已经发展到“分析科学”阶段。分析化学正在成长为一门建立在化学、物理学、数学、计算机科学、精密仪器制造等学科基础上的综合性学科。

本章小结

分析化学是化学学科的一个重要分支，是研究物质的化学组成的分析方法及相关理论的一门学科。分析化学分为化学分析和仪器分析两部分主要内容。化学分析是以利用物质的化学反应为基础的分析方法。化学分析历史悠久，是分析化学的基础，又称经典分析。仪器分析是指采用比较复杂或特殊的仪器设备，通过测量物质的某些物理或物理化学性质的参数及其变化来获取物质的化学组成、成分含量及化学结构等信息的分析方法。

1. 分析化学的任务和作用

分析化学的任务是确定物质的化学组成，测量各组成的含量以及表征物质的化学结构。

分析化学研究和应用的范围非常广泛。它几乎与国民经济中的各个领域都有密切的联系。

分析化学作为化学学科的分支学科之一，在化学学科中也居于核心地位。

2. 分析化学的分类

根据分析任务、分析对象、测试原理、操作方法和具体要求的不同，分析方法可分为许多种类。

(1) 结构分析、定性分析和定量分析。

结构分析的任务是研究物质的分子结构、晶体结构或综合形态。定性分析的任务是鉴定物质由哪些元素、原子团、官能团或化合物组成。定量分析的任务是测定物质有关组分的含量。

(2) 无机分析和有机分析。

根据分析对象是无机物质还是有机物质，分为无机分析和有机分析。

(3) 化学分析和仪器分析。

根据测定原理，可将分析化学分为化学分析和仪器分析。以物质的化学反应为基础的分析方法称为化学分析。仪器分析是以物质的物理性质或物理化学性质为依据而设计的分析方法。

(4) 常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析。

根据分析过程中所用试样的用量及操作方法不同，可分为常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析。

(5) 常量组分分析、微量组分分析和痕量组分分析。

根据被测组分的质量分数，又粗略地分类为常量组分分析($>1\%$)、微量组分分析($0.01\% \sim 1\%$)和痕量组分分析($<0.01\%$)。

3. 分析化学的发展简史

第一次变革：因为化学热力学的发展，建立了溶液中的四大平衡理论，分析化学从一门技术发展成一门科学。

第二次变革：物理学、电子学等相关学科的发展促进了分析中物理方法的发展，即仪器分析的发展。

第三次变革：目前，分析化学正处在第三次变革时期，生命科学、环境科学、新材料科学发展的要求，生物学、信息科学、计算机技术的引入，使分析化学进入了一个崭新的时期。从采用的手段看，是在综合光、电、热、磁等现象的基础上进一步采用数学、计算机科学及生命科学等学科新成就对物质进行纵深分析的化学；从解决的任务看，现代分析化学已发展成为获取形形色色物质尽可能全面的信息，进一步认识自然、改造自然的科学。现代分析化学的任务已不只限于测定物质的组成及含量，而是要对物质的形态、结构、微区、薄层及化学和生物活性等进行瞬时追踪、无损和在线监测等分析及过程控制。随着计算机科学及仪器自动化的飞速发展，分析化学家也不能只满足于分析数据的提供，而是要和其他学科的科学家合作，成为生产和科学研究中实际分析难题的解决者。

思考及练习题

1. 简述分析化学的任务和作用。
2. 简述分析化学的分类。
3. 简述分析化学的发展历程。
4. 如何学好分析化学？