

高等学校教材

分析化学实验

(第四版)

武汉大学 吉林大学 中山大学 编
武汉大学 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书与 1994 年出版的《分析化学实验》(第三版)相比,在内容和编排体系等方面都进行了较大的改动。增加了若干新实验、有关分离技术和具有设计性、研究性的综合实验,精选和修改了定性化学分析实验的内容,对环境试样、生物与药物试样、有机试样等实际试样的分析给予更多的关注。本书包括定性分析实验 9 个,定量分析实验约 50 个。

本书可作为综合性大学化学专业、应用化学专业分析化学实验教材,也可供高等师范院校和工科院校有关专业参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

分析化学实验/ 武汉大学主编 .—4 版 .—北京:高等教育出版社,2001

ISBN 7 - 04 - 009293 - X

. 分... . 武... . 分析化学 - 化学实验 - 高等学校 - 教材 . 0652.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001)第 07872 号

分析化学实验(第四版)

武汉大学 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009

电 话 010 - 64054588 传 真 010 - 64014048

网 址 [http:// www .hep .edu .cn](http://www.hep.edu.cn)
[http:// www .hep .com .cn](http://www.hep.com.cn)

经 销 新华书店北京发行所

印 刷

开 本	850 × 1168 1/32	版 次	1978 年 8 月第 1 版
			年 月第 4 版

印 张	10 375	印 次	年 月第 次印刷
-----	--------	-----	----------

字 数	250 000	定 价	10 80 元
-----	---------	-----	---------

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

责任编辑	刘啸天
封面设计	李卫青
责任绘图	朱 静
版式设计	周顺银
责任校对	殷 然
责任印制	

目 录

分析化学实验课的要求	(1)
第一章 分析化学实验的基础知识	(3)
§ 1 - 1 纯水的制备及其检定	(3)
§ 1 - 2 玻璃器皿的洗涤	(4)
§ 1 - 3 化学试剂规格	(5)
§ 1 - 4 溶液的浓度、溶液的配制和分析化学中的计算式	(7)
§ 1 - 5 滤纸及滤器	(15)
§ 1 - 6 实验数据的记录、处理和实验报告	(17)
§ 1 - 7 实验室安全知识	(20)
第二章 常见离子的定性分析实验	(23)
§ 2 - 1 定性分析基础知识	(23)
§ 2 - 2 半微量定性分析中常用仪器及基本操作	(31)
§ 2 - 3 定性分析实验	(39)
实验 2 - 1 阳离子第 组 Ag^+ , Hg_2^{2+} 的分析	(40)
实验 2 - 2 阳离子第 A 组 Pb^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} 的分析	(43)
实验 2 - 3 阳离子第 B 组 Hg_2^{2+} , $\text{As}(\quad, \quad)$, $\text{Sb}(\quad, \quad)$, $\text{Sn}(\quad, \quad)$ 的分析	(49)
实验 2 - 4 阳离子第 组 Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} 的分析	(56)
实验 2 - 5 阳离子第 组 Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} 的分析	(69)
实验 2 - 6 阳离子第 组 K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Mg^{2+} 的分析	(74)
实验 2 - 7 阳离子 ~ 组离子的分析	(78)
实验 2 - 8 常见阴离子的分析	(82)
实验 2 - 9 铜合金的定性分析	(98)
定性分析试剂配制方法	(98)
第三章 定量分析实验仪器和基本操作	(108)

§3 - 1	分析天平	(108)
§3 - 2	滴定分析仪器与基本操作	(118)
§3 - 3	重量分析法	(131)
§3 - 4	酸度计	(140)
§3 - 5	吸光光度法常用仪器及基本操作	(147)
§3 - 6	定量分析基本操作实验	(154)
实验 3 - 1	分析天平称量练习	(154)
实验 3 - 2	滴定分析基本操作练习	(156)
实验 3 - 3	容量仪器的校准	(160)
第四章	酸碱滴定实验	(164)
实验 4 - 1	食用白醋中 HAc 浓度的测定	(164)
实验 4 - 2	工业纯碱总碱度测定	(166)
实验 4 - 3	有机酸摩尔质量的测定	(168)
实验 4 - 4	硫酸铵肥料中含氮量的测定(甲醛法)	(170)
实验 4 - 5	磷酸的电位滴定	(172)
实验 4 - 6	蛋壳中碳酸钙含量的测定	(178)
实验 4 - 7	非水滴定法测定 α -氨基酸含量	(179)
实验 4 - 8	方案设计实验	(181)
第五章	络合滴定实验	(184)
实验 5 - 1	EDTA 的标定	(184)
实验 5 - 2	自来水总硬度的测定	(187)
实验 5 - 3	铋、铅含量的连续测定	(189)
实验 5 - 4	铝合金中铝含量的测定	(191)
实验 5 - 5	方案设计实验	(193)
第六章	氧化还原滴定实验	(195)
实验 6 - 1	过氧化氢含量的测定	(195)
实验 6 - 2	水样中化学耗氧量(COD)的测定(高锰酸钾法)	(198)
实验 6 - 3	铁矿中全铁含量的测定(无汞定铁法)	(200)
实验 6 - 4	间接碘量法测定铜合金中铜含量	(202)
实验 6 - 5	水果中抗坏血酸(Vc)含量的测定(直接碘量法)	(206)
实验 6 - 6	补钙制剂中钙含量的测定(高锰酸钾间接滴定法) ...	(208)

实验 6 - 7	溴酸钾法测定苯酚	(210)
实验 6 - 8	方案设计实验	(212)
第七章	沉淀滴定与重量分析实验	(215)
实验 7 - 1	氯化物中氯含量的测定	(215)
	莫尔 (Mohr) 法	(215)
	佛尔哈德 (Volhard) 法	(217)
实验 7 - 2	二水合氯化钡中钡含量的测定 (硫酸钡晶形沉淀重量分析法)	(219)
实验 7 - 3	钢铁中镍含量的测定 (丁二酮肟有机试剂沉淀重量分析法)	(222)
实验 7 - 4	方案设计实验	(225)
第八章	吸光光度分析实验	(228)
实验 8 - 1	邻二氮菲吸光光度法测定铁 (条件试验和试样中铁含量的测定)	(228)
实验 8 - 2	水样中六价铬的测定	(232)
实验 8 - 3	Al^{3+} - CAS 二元络合物与 Al^{3+} - CAS - CPC 三元 络合物光吸收性质的比较	(234)
实验 8 - 4	吸光光度法测定水和废水中总磷	(239)
第九章	常用的分离方法实验	(243)
实验 9 - 1	有机阳离子交换树脂交换容量的测定	(243)
	阳离子交换树脂总交换容量的测定	(244)
	阳离子交换树脂工作交换容量的测定	(246)
实验 9 - 2	钴、镍的离子交换分离及络合滴定法测定	(248)
实验 9 - 3	萃取分离 - 光度法测定环境水样中微量铅	(251)
实验 9 - 4	纸色谱法分离氨基酸	(254)
第十章	综合实验	(259)
实验 10 - 1	硅酸盐水泥中 SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO 和 MgO 含量的测定	(262)
实验 10 - 2	硫酸四氨合铜() 的制备及组成分析	(267)
实验 10 - 3	电解精盐水的分析	(270)
实验 10 - 4	银焊条中银、铜、锌的测定	(271)

实验 10 - 5	酸洗液分析	(271)
实验 10 - 6	锌钝化液分析	(271)
实验 10 - 7	三氯化六氨合钴()组成的测定	(272)
第十一章	计算机在分析化学实验中的应用	(273)
实验 11 - 1	高次方程求解	(273)
实验 11 - 2	学生实验数据的评价	(274)
实验 11 - 3	滴定曲线	(275)
实验 11 - 4	滴定分析终点过程演示	(275)
实验 11 - 5	磷酸电位滴定实验数据处理	(279)
实验 11 - 6	吸光光度法的吸收曲线	(280)
实验 11 - 7	吸光光度法的工作曲线	(280)
实验 11 - 8	正态分布的统计解释——高尔顿钉板	(281)
附录		(283)
附录 1	分析化学实验基本操作录像带的基本内容	(283)
附录 2	常用指示剂	(283)
附录 3	常用缓冲溶液的配制	(287)
附录 4	常用浓酸、浓碱的密度和浓度	(288)
附录 5	常用基准物质及其干燥条件与应用	(288)
附录 6	常用熔剂和坩埚	(289)
附录 7	相对原子质量表(IUPAC 1993 年公布)	(291)
附录 8	常用化合物的相对分子质量表	(292)
附录 9	定量化学分析实验常用仪器清单	(295)
附录 10	常用分析化学术语(汉英对照)	(296)
附录 11	滴定分析实验操作(NaOH 溶液浓度的标定)考查表 ...	(308)
主要参考文献		(311)

第四版前言

1996年8月,国家教委化学教学指导委员会在内蒙古大学召开了“分析化学教学与教材建设研讨会”;1997年10月在武汉大学,邀请了部分高校分析化学同仁就由武汉大学主编的《分析化学》(第三版)和《分析化学实验》(第三版)在教学实践中的体会进行了交流,对上述两书的修订进行了探讨,会后提出了修订大纲和编写计划;1998年7月又在中山大学举行了上述两教材第四版参编人员会议,对编写大纲和若干章节的初稿进行了研讨和修改,进一步明确了编写原则,落实了编写计划和各章的内容。

1. 分析化学和分析化学实验均是化学专业的主要基础课之一,两者既密切配合,又各有侧重,具有一定的完整性和独立性。分析化学实验重在使学生掌握常见元素的定性分析,常量组分的定量分析的基本知识、基本理论和基本方法,掌握分析测量中的误差来源、表征及实验数据的统计处理。了解常用的分离方法、吸光光度法的原理及应用,重在让学生建立起严格的“量”的概念,加强素质教育,注重从事理论研究、实际工作的能力和严谨的科学作风的培养,提倡创新精神。

2. 本书实验主要包括:练习基本操作的实验;与分析化学理论教学有关内容的实验;培养基本操作技能和进行科学研究能力的试验性、研究性、设计性的实验;学科间互相渗透的综合实验(特别单列一章即第十章),并加强分离科学、生命科学、环境科学和计算机在分析化学中的应用的內容,对生物试样、有机试样和药物试样分析有所关注。修改和精选定性分析的内容,增加了部分离子的鉴定反应,对“定量分析仪器和基本操作”进行整理和精选,单独列为第三章,不再分散到个别实验中阐述。此外,对每个实验的目

的、原理、步骤、思考题及附录也进行了修改补充。

3. 全面贯彻国家法定计量单位。

4. 本书包括定性分析实验 9 个,定量分析实验约 50 个。使用本教材时,可根据各专业的要求和实验室的条件,对实验内容作适当取舍。

本书由武汉大学主编。由吉林大学、中山大学和武汉大学编。参加编写的有武汉大学潘祖亭(第一、三、七章和附录)、杨代菱(第四、六章)、孟凡昌(第五、十一章),吉林大学门瑞芝、邹明珠(第二章),中山大学陈焕光(第八、九、十章)等同志。张玉清等对部分新增加的实验条件进行了试验,段雨洛对部分计算机程序进行了调试。全书由潘祖亭同志整理定稿。

在本书的修订过程中,北京大学、吉林大学、中山大学和武汉大学等校的许多从事分析化学工作的教师和实验技术人员提出了宝贵的修改意见,特此致谢。

本书虽经多次集体讨论和一再校阅,但欠妥之处仍恐难免。祈望读者不吝赐教,以俟再版时订正。

编 者

1999 年 9 月

第三版前言

1991年10月,理科化学教学指导委员会分析化学教材建设组在武汉召开的会议上,重新讨论了综合大学理科《分析化学实验》的课程内容与教学基本要求。据此,确定了第三版的编写原则和内容。

1. 分析化学实验是综合大学的基础课程之一,它将密切配合分析化学课堂教学,对学生进行分析化学实验技能的严格训练,既注意与课堂教学内容的衔接,又必须使实验教材具有一定的完整性和独立性。

2. 分析化学是一门实践性很强的学科,作为本学科的实验教学最重要的任务是发展学生的智力,智力因素包括下面七种:查阅、动手、观测、记忆、思维、想象和表达。其立足点是要注意培养学生分析问题和解决问题的能力,加强对“量”的概念的认识。

3. 分析化学实验内容应注意将学科的传统内容与现状、发展相结合,它应包括:(1) 练习基本操作的实验,狠抓电视规范操作的录像教学;(2) 精选与分析化学课堂教学有关内容的实验;(3) 培养两个能力 的设计性的、研究性的实验;(4) 开设学科间互相渗透的实验,应增加分离科学、环境化学和计算机化学的内容,对生物样品、有机物和药物物质分析应有所关注。

第三版和第二版比较,内容和安排上有较大的变动:(1) 精选和修改了定性分析内容,删去了阳离子的鉴定反应;(2) 加强和规范了基本操作实验,增加了 KMnO_4 溶液滴定 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的实验;将

戴安邦,《大学化学》,4(1),1989,1。

即基本操作技能和初步进行科学实验的能力。

第二版中的第三章“定量分析仪器和基本操作”,经过精选和修改后,融会于各有关部分的实验内容之中;加入了电视规范操作的教学内容;(3) 增加和加强了设计性的和研究性的内容,如实验八、十二、十七和 § 3 - 10 的实验;(4) 增加和加强了分离技术与计算机应用的实验,如实验二十五、二十六、二十七和第四章的大部分内容。此外,各种分析方法的前言、原理和附录也作了较大幅度的删减。

4. 本教材严格执行 1984 年国务院颁布的《关于我国统一实行法定计量单位的命令》,按国际单位制统一了分析化学的量和单位的名称与符号。

本书由武汉大学主编。参加这次修订的有武汉大学王洪英、孟凡昌,吉林大学邹明珠、高 , 中山大学陈焕光。1992 年 6 月在中山大学召开了本教材的编写讨论会,中山大学张大经参加了审订工作。全书由王洪英通读整理。本书由北京大学童沈阳教授主审,在修订过程中,得到了许多从事分析化学工作的教师和实验技术人员的支持和帮助,特此致谢。

限于编者的水平,这次修订后仍可能存在不少缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编 者

1992 年 6 月

第二版前言

一九八〇年五月,教育部在长春召开的高等学校理科化学教材编审委员会会议上制定了新的《分析化学实验》教学大纲之后,本书第一版教材已不能适应新的教学形势发展的需要。为此,我们于同年下半年即着手第二版教材的编写工作。现就本书第二版的编写原则和内容作一些说明。

1. “分析化学实验”作为一门独立的实验课程,应密切配合“分析化学”的课堂教学,注意与讲授教材的衔接,避免不必要的重复,但又必须保持实验教材的完整性和独立性。

2. 分析化学是一门实践性很强的学科。通过本课程的教学,培养学生理论联系实际,准确地掌握分析化学的基本操作技能和初步进行科学实验的能力。为了培养学生具有观察现象、分析问题和勤于思考的能力,在每个实验后增加了“注”和“参考资料”二项。思考题的数量也有所增加。

3. 分析化学实验包括定性和定量分析。在定性分析实验中,硫化氢系统分析法是重要内容,并在此基础上增加了部分阴离子分析和某些阳离子新的鉴定反应。在定量分析实验中,从分析方法上增加了电位滴定、离子选择电极、离子交换分离、三元络合物光度分析和差示光度分析等;从内容上结合环境监测、药物分析和矿样分析等方面的需要,增写了水中铬、苯酚、耗氧量(COD)、白钨矿等实验。同第一版比较,本书的实验数目也有所增加,由第一版25个实验增至近50个实验。

4. 为了增加学生的实验基础知识,增写了《分析化学实验基础知识》一章。较系统地叙述了实验室中常用的试剂规格及配制原则及常用的滤器、器皿的性能及使用方法等内容。

5. 为了适应电子计算机的飞速发展和广泛应用这一新形势的需要,增写了“电子计算机的应用”一章。

6. 为了培养学生分析问题和解决问题的能力,本书除安排了一定数量的基本实验外,还增加了一些难度较大的实验,从中选择了15个作为选作实验(标上*号的实验)。同时,还安排了十八组定量设计方案实验,这些实验在教材中只给出对象和要求,而让学生自己设计实验步骤。为此,本书单独写了“分析方案设计”一节。

7. 根据国家标准 GB 3102.8 - 82 物理化学和分子物理学的量和单位的规定,溶液浓度量的名称为:物质 B 的物质的量浓度,符号为 c_B ,单位为 mol l^{-1} 。过去所惯用的摩尔浓度(符号为 M),当量浓度(符号为 N)等,按规定均不再使用。由于本书与武汉大学等校于 1982 年编《分析化学》(第二版)配合使用,因为该书仍旧使用 M 、 N 等符号,本书亦暂保留,待两书再次修订时,再按国家标准进行修改。

第二版教材初稿完成后,即在武汉大学、吉林大学、中山大学分析化学基础课教学中试用,并根据几年来教学实践中所发现的问题,进行了修改、补充和完善。本教材是三个学校从事分析化学基础课教学的老师们和实验技术人员的共同努力的结果,我们衷心感谢他们的热情支持和帮助。我们还从 1982 年在成都召开的全国分析化学实验教材教学讨论会议上,学习了很多兄弟院校的宝贵经验。此外,还得到一些科研部门和生产单位的协助,在此一并表示谢意。

本书由武汉大学主编。参加编写的有武汉大学王志铿、谢能,吉林大学罗齐昭,中山大学张大经。《电子计算机的应用》一章由中国科技大学张懋森执笔。一九八四年四月,在武汉召开了本书定稿会,会议由理科分析化学教材编审小组组长曾云鹗教授主持,对本书的内容逐章进行了讨论。全书经赵藻藩教授审阅,最后由谢能,王志铿同志通读整理。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,望读者批评指正。

编 者

1984 年 8 月

第一版前言

本书是根据 1977 年高等学校理科化学类教材会议制订的《分析化学实验》编写大纲编写的,用作综合性大学和师范院校化学系分析化学实验课程的试用教材。

分析化学是一门实践性很强的学科。通过分析化学实验课程的教学,可以使学生对分析化学基本理论加深理解,熟练地掌握分析化学的基本操作技能,为他们参加生产和科学研究打好一定的基础。

本书的实验是根据当前教学实际情况,从近几年来各兄弟院校的分析化学实验中选编出来的,其中有些实验内容(如无机定性化学分析)做了较大的改进,此外还增加了一些新的实验内容。

学习无机定性化学分析的目的,主要是熟悉常见离子的化学性质。为此,本书编排了一组“常见离子的基本性质和鉴定”实验。通过这组实验,使学生能够初步掌握常见离子与通用试剂的反应,了解硫化氢系统和两酸两碱系统分组方案的原理,并能初步设计共存离子分离和鉴定的方案。

对定量化学分析实验的基本操作,必须严格要求,并注意培养学生的严谨的科学态度。在内容上,可以安排一些纯溶液实验,但为了加深对基本理论的理解,必须有一定分量的实物分析,以培养学生解决实际问题的能力。

本书选编的实验内容分为必做和选做两种。选做的实验标有*号,各校可根据具体情况,自行确定,也可另选其他的实验。

本书由武汉大学主编,参加编写的有武汉大学赵藻藩、陆定安、谢能,吉林大学罗齐昭、顾念承和中山大学的同志。参加审稿的有北京大学、复旦大学、兰州大学、南京大学、南开大学、中国

科学技术大学、厦门大学、四川大学、北京师范大学和上海师范大学等院校的同志。最后由武汉大学赵藻藩、谢能 通读整理。

由于编者水平有限,加以编写时间仓促,书中难免有缺点和错误,希望读者批评指正。

编 者