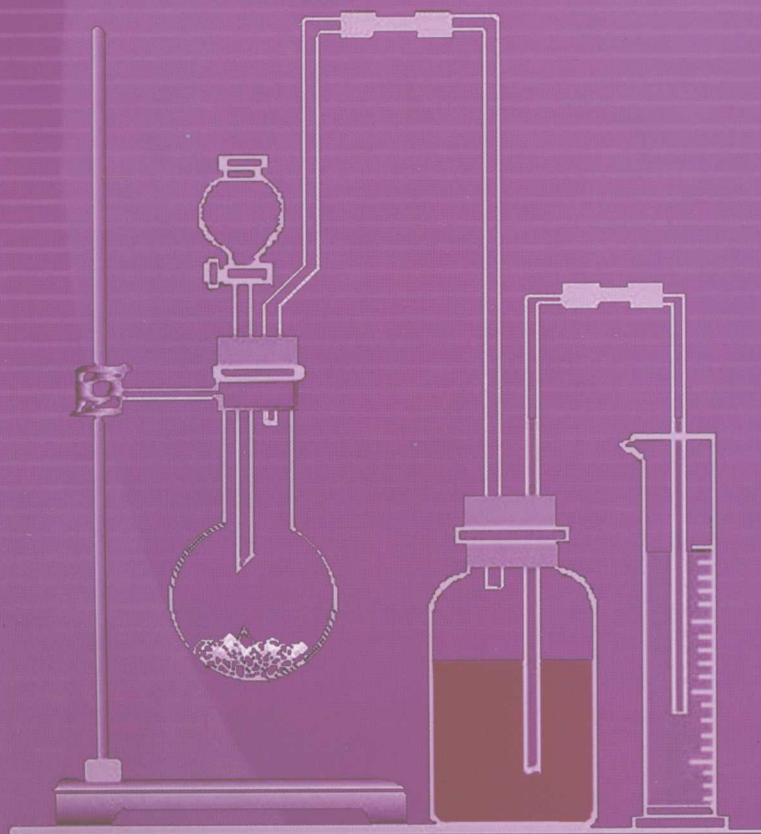


高等医学院校教材

李东辉 陈连山 鄂义峰 主编

分析化学

FENXI HUAXUE



KP 科学普及出版社

高等医学院校教材

分 析 化 学

(供农林畜牧兽医等专业使用)

李东辉 陈连山 鄂义峰 主编

科学普及出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

分析化学/李东辉,陈连山,鄂义峰主编. —北京:科学普及出版社,2008.3

ISBN 978-7-110-06887-8

I. 分… II. ①李…②陈…③鄂… III. 分析化学-高等学校-教材 IV. O65

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第019860号

自2006年4月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街16号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

北京正道印刷厂印刷

*

开本:787毫米×1092毫米 1/16 印张:12.25 字数:310千字

2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

印数:0001—3000册 定价:26.00元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

编辑委员会

主 编 李东辉 陈连山 鄂义峰

副主编 刘佳川 岳京立 刘 馨

编 委 (按姓氏笔画为序)

于丽丽 于秋泓 付纯刚

刘 馨 刘佳川 李东辉

李玉贻 陈连山 张晓枫

杨殿深 岳京立 贾云宏

鄂义峰

封面设计：陈 明

责任编辑：陈 明

校对：陈 明

出版：陈 明

会员委员会

郭义祥 山鼓朝 鞠永幸 主
 蔡 欣 丘京岳 仇卦欣 主
 (李茂西李开校游) 委 席

周英朴 原峰子 丽丽子
 鞠永幸 仇卦欣 蔡 欣
 尉朝崇 山鼓朝 鞠永幸
 寇云贵 丘京岳 蔡朝祥
 郭义祥

责任编辑:沈国峰
 封面设计:部落艺族设计工作室
 责任校对:林 华
 责任印制:王 沛

前 言

本教材是为配合“高等学校教育教学质量与教材改革精神”,促进农林畜牧兽医等专业的教育教学改革,为进一步提高教学水平而编写的。它能帮助学生掌握分析化学的基本原理、方法和基本的操作技能,培养学生严谨认真和实事求是的科学态度,提高分析问题和解决问题的能力、精密细致地进行科学实验的技能,为后续课程的学习和将来从事生产实践、科学研究打下良好的基础。

本教材分为理论和实验两大部分。在编写中,我们既考虑到分析化学本身的科学性和系统性,又考虑到教学的具体情况和特点,有利于教学质量的提高,有利于学生自学能力的培养,力求适应农林畜牧兽医学科发展的新形势。基础理论是应用科学的基础,基础理论的教学在高等学校的教学中有其极其重要的地位。在理论部分,我们详细透彻地讲解了各种分析方法的理论依据、基本原理、自身特点、应用范围以及注意事项等。并在每章末附有一定量的思考题和习题,供学生复习使用。在实验部分,注重基础知识的掌握和基本技能的培养,并做到实验部分与理论部分相呼应,实验内容涵盖理论课的全部内容,有利于学生的科学态度和科学素养的培养。

参加本书编写的有:李东辉(第一章、第五章),刘佳川(第二章),李玉贇(第三章),陈连山(第四章),鄂义峰(第六章),岳京立(第七章),张晓枫(第八章),杨殿深(第九章),付纯刚(第十章)。

本书在编写中吸收了国内外最新出版的优秀同类教材的长处,在此致以衷心的感谢。

限于编者的水平,教材难免会存在缺点和错误,恳请有关专家、同行和同学批评指正。

编 者

2007年12月27日

目 录

前言	(1)
第一章 绪 论	(1)
第一节 分析化学的任务和作用	(1)
第二节 分析化学的分类	(1)
一、定性分析,定量分析,结构分析	(1)
二、无机分析与有机分析	(2)
三、化学分析与仪器分析	(2)
四、常量分析,半微量分析,微量分析与超微量分析	(3)
五、例行分析和仲裁分析 这是根据分析方法来分类的	(3)
第三节 分析化学的发展概况	(3)
第二章 误差和分析数据处理	(5)
第一节 误差的分类	(5)
一、系统误差	(5)
二、偶然误差	(6)
第二节 准确度与精密度	(6)
一、准确度与误差	(6)
二、精密度与偏差	(7)
三、准确度与精密度的关系	(8)
四、提高分析结果准确度的方法	(9)
第三节 误差的传递	(10)
一、系统误差的传递	(11)
二、偶然误差的传递	(11)
第四节 有效数字及运算规则	(12)
一、有效数字	(12)
二、数字的修约规则	(13)
三、有效数字运算规则	(13)
第五节 分析数据的统计处理	(14)
一、基本概念	(14)
二、可疑值的取舍	(19)
第三章 滴定分析法概论	(23)
第一节 概 述	(23)
第二节 滴定分析方法和滴定方式	(23)
一、滴定分析方法的分类	(23)
二、滴定分析对滴定反应的要求	(24)

三、常用的滴定方式	(24)
第三节 标准溶液	(25)
一、标准溶液的配制	(25)
二、标准溶液浓度的表示方法	(27)
第四节 滴定分析中的计算	(27)
一、滴定分析中的计量关系	(28)
二、滴定分析法有关计算	(28)
第四章 酸碱滴定法	(31)
第一节 概 述	(31)
第二节 酸碱质子理论	(31)
一、酸碱的定义	(31)
二、溶剂合质子	(32)
三、酸碱反应的实质	(32)
四、溶剂的质子自递反应	(32)
五、酸碱的强度	(33)
六、均化效应和区分效应	(33)
第三节 溶液中酸碱各组分的分布	(35)
一、酸度与酸的浓度	(35)
二、分布系数	(35)
第四节 酸碱溶液 pH 的计算	(38)
一、水溶液中平衡的处理方法	(38)
二、强酸(碱)溶液 pH 的计算	(40)
三、一元弱酸(碱)溶液 pH 的计算	(41)
四、多元弱酸(碱)溶液 pH 的计算	(41)
五、两性物质溶液 pH 的计算	(42)
六、缓冲溶液 pH 的计算	(43)
第五节 酸碱指示剂	(44)
一、变色原理	(44)
二、指示剂的变色范围	(44)
三、影响指示剂变色范围的因素	(45)
四、混合指示剂	(46)
第六节 滴定曲线和指示剂的选择	(47)
一、强酸(碱)的滴定	(47)
二、一元弱酸(碱)的滴定	(49)
三、多元酸(碱)的滴定	(52)
第七节 滴定终点误差	(54)
一、强酸(碱)滴定的终点误差	(54)
二、弱酸(碱)滴定的终点误差	(55)
第八节 标准溶液与基准物质	(56)

第九节 应用与实例	(56)
一、直接滴定法	(56)
二、间接滴定法	(57)
第十节 非水酸碱滴定法简介	(57)
一、概述	(57)
二、溶剂的性质	(58)
三、溶剂的分类	(59)
四、溶剂的选择	(59)
五、弱碱的滴定	(59)
第五章 配位滴定法	(62)
第一节 概 述	(62)
第二节 配位平衡	(63)
一、配合物的稳定常数和各级配合物浓度的计算	(63)
二、配位反应的副反应系数	(64)
三、配合物的条件稳定常数	(67)
第三节 配位滴定的基本原理	(68)
一、滴定曲线的计算	(68)
二、化学计量点 pM'_{sp} 的计算	(69)
第四节 金属指示剂	(70)
一、金属离子指示剂的作用原理	(70)
二、金属离子指示剂应该具备的条件	(70)
三、金属离子指示剂变色点 pM'_t 的计算	(71)
四、常用金属离子指示剂	(71)
第五节 终点误差的计算	(72)
第六节 滴定条件的选择	(74)
一、酸度的选择和控制在	(74)
二、提高配位滴定选择性的方法	(75)
第七节 标准溶液和基准物质	(76)
一、标准溶液	(76)
第八节 滴定方式和应用实例	(76)
一、直接滴定法	(76)
二、剩余滴定法	(76)
三、间接滴定法	(77)
四、置换滴定法	(77)
第六章 氧化还原滴定法	(79)
第一节 概 述	(79)
第二节 氧化还原反应	(79)
一、条件电位	(79)
二、条件电位的影响因素	(80)

三、氧化还原反应进行的完全程度	(82)
四、氧化还原反应的速度	(83)
第三节 氧化还原滴定	(84)
一、滴定曲线	(84)
二、氧化还原指示剂	(87)
三、氧化还原预处理	(88)
第四节 碘量法	(89)
一、概述	(89)
二、标准溶液的配制与标定	(90)
三、指示剂	(91)
四、应用与实例	(91)
第五节 高锰酸钾法	(92)
一、概述	(92)
二、标准溶液	(92)
三、指示剂	(93)
四、应用示例	(93)
第六节 其他氧化还原滴定法	(93)
一、溴酸钾法和溴量法	(93)
二、亚硝酸钠法	(94)
三、重铬酸钾法	(94)
第七章 沉淀滴定法	(96)
第一节 概 述	(96)
第二节 银量法	(96)
二、指示终点的方法	(98)
三、标准溶液与基准物质	(101)
四、应用与实例	(101)
第八章 重量分析法	(103)
第一节 重量分析法概述	(103)
第二节 挥发法	(103)
一、基本原理	(103)
二、应用与示例	(104)
第三节 萃取法	(105)
第四节 沉淀法	(105)
一、重量分析对沉淀的要求	(105)
二、沉淀的溶解度	(106)
三、影响沉淀溶解度的因素	(107)
四、沉淀的形成	(109)
五、影响沉淀纯度的因素	(110)
六、沉淀条件的选择	(112)

七、重量分析的计算	(113)
第九章 分光光度法	(115)
第一节 基本原理	(115)
一、溶液颜色与光吸收的关系	(115)
二、朗伯—比尔定律	(116)
三、吸收光谱	(117)
四、显色反应	(117)
第二节 可见分光光度法	(118)
一、分光光度法	(118)
二、分光光度计的基本部件	(118)
三、定量分析方法	(119)
四、分光光度法的应用——血糖的测定	(120)
第十章 仪器分析法简介	(122)
第一节 概 述	(122)
一、仪器分析及其原理	(122)
二、仪器分析的分类	(122)
三、仪器分析的特点	(123)
四、仪器分析和化学分析的关系	(123)
五、仪器分析的发展趋势	(124)
第二节 电化学分析法	(124)
一、电位分析法	(124)
二、电解分析法	(124)
三、电导分析法	(125)
四、伏安法	(125)
第三节 光学分析法	(125)
一、发射光谱	(126)
二、吸收光谱	(127)
第四节 色谱分析法	(127)
一、色谱法分类	(128)
二、色谱法的应用	(130)
实验部分	(131)
实验一 分析天平称量练习	(131)
一、实验目的	(131)
二、实验原理	(131)
三、实验内容	(134)
实验二 Na_2SO_4 含量的测定	(134)
一、实验目的	(134)
二、实验原理	(134)
三、试剂	(134)

四、实验步骤	(135)
五、思考题	(135)
实验三 NaOH 标准溶液的配制与标定	(135)
一、实验目的	(135)
二、实验原理	(135)
三、试剂	(136)
四、实验步骤	(136)
五、实验记录与结果处理	(136)
六、思考题	(136)
实验四 食用白醋中醋酸含量的测定	(137)
一、实验目的	(137)
二、实验原理	(137)
三、试剂	(137)
四、实验步骤	(137)
五、实验记录与结果处理	(137)
六、思考题	(137)
实验五 HCl 标准溶液的配制与标定	(138)
一、实验目的	(138)
二、实验原理	(138)
三、试剂	(138)
四、实验步骤	(138)
五、实验记录与结果处理	(138)
六、思考题	(139)
实验六 混合碱的分析(双指示剂法)	(139)
一、实验目的	(139)
二、实验原理	(139)
三、试剂	(140)
四、实验步骤	(140)
五、实验记录与结果处理	(140)
六、思考题	(140)
实验七 EDTA 标准溶液与 ZnSO_4 标准溶液的标定	(141)
一、实验目的	(141)
二、实验原理	(141)
三、试剂	(141)
四、实验步骤	(141)
五、实验记录与结果处理	(142)
六、思考题	(142)
实验八 葡萄糖酸钙含量的测定	(142)
一、实验目的	(142)

二、实验原理	(143)
三、试剂	(143)
四、实验步骤	(143)
五、数据记录	(143)
实验九 水中 Ca^{2+} , Mg^{2+} 离子含量的测定	(143)
一、实验目的	(143)
二、实验原理	(144)
三、试剂	(144)
四、实验步骤	(144)
五、实验记录与结果处理	(144)
六、思考题	(145)
实验十 明矾含量的测定	(145)
一、实验目的	(145)
二、实验原理	(145)
三、试剂	(145)
四、实验步骤	(145)
五、实验记录与结果处理	(146)
实验十一 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	(146)
一、实验目的	(146)
二、实验原理	(146)
三、试剂	(146)
四、实验步骤	(147)
五、实验记录与结果处理	(147)
六、思考题	(147)
实验十二 过氧化氢含量的测定	(147)
一、实验目的	(147)
二、实验原理	(147)
三、试剂	(148)
四、实验步骤	(148)
五、实验记录与结果处理	(148)
实验十三 水中化学需氧量 COD 的测定	(148)
一、实验目的	(148)
二、实验原理	(148)
三、试剂	(149)
四、实验步骤	(149)
五、实验记录与结果处理	(149)
六、思考题	(149)
实验十四 硫代硫酸钠标准溶液的配制与标定	(149)
一、实验目的	(149)

二、实验原理	(150)
三、试剂	(150)
四、实验步骤	(150)
五、实验记录与结果处理	(150)
六、思考题	(151)
实验十五 铜盐含量的测定	(151)
一、实验目的	(151)
二、实验原理	(151)
三、试剂	(151)
四、实验步骤	(151)
五、实验记录与结果处理	(152)
六、思考题	(152)
实验十六 AgNO_3 溶液的标准溶液标定及 NH_4SCN 标准溶液的标定	(152)
一、实验目的	(152)
二、实验原理	(152)
三、试剂	(153)
四、实验步骤	(153)
五、实验记录与结果处理	(153)
六、思考题	(154)
实验十七 氯化铵含量的测定	(154)
一、实验目的	(154)
二、实验原理	(154)
三、试剂	(154)
四、实验步骤	(154)
五、实验记录与结果处理	(154)
六、思考题	(155)
实验十八 邻二氮菲分光光度法测定铁	(155)
一、实验目的	(155)
二、实验原理	(155)
三、试剂	(156)
四、实验步骤	(156)
五、实验记录与数据处理	(156)
六、思考题	(157)
附录	(158)
附录1 我国的法定计量单位	(158)
附录2 国际原子量	(161)
附录3 某些化合物的分子量	(162)
附录4 弱酸、弱碱的离解常数	(164)
附录5 EDTA 配合物的稳定常数对数值($\lg K_{\text{MY}}$)	(167)

附录 6 金属配合物的稳定常数	(167)
附录 7 一些金属离子的 $\lg\alpha_{M(OH)}$ 值	(169)
附录 8 标准电极电位	(170)
附录 9 某些氧化还原电对的条件电位	(174)
附录 10 难溶化合物的溶度积	(175)

第一章 绪 论

第一节 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质化学组成的分析方法及相关理论的一门学科。分析化学的主要任务包括鉴定物质的化学组成、化学结构以及测定各组分的相对含量。我们也可以简要的把它们称为定性分析、定量分析和结构分析。

分析化学是化学学科的一个重要分支,它对化学的发展有着重要的作用。化学科学中各种新物质的发现、各种常数的测定、各种化学定律的发现等等都离不开分析化学的贡献。化学学科的每一个分支(分析化学,有机化学、物理化学,材料化学等)中的研究工作都离不开分析化学的辅助。可以说,分析化学在化学学科的各个领域中都发挥着不可替代的、至关重要的作用。例如,化学工作者发现任何一种新化合物后,必须使用各种分析化学的手段和方法完成对该化合物各项参数的测定和结构分析工作,才能确认该化合物的存在,并进一步对该化合物的性质和功能进行更深入的研究。

分析化学不仅对化学学科本身的发展意义重大,而且在国民经济,科学研究,医药卫生;高等教育,军事国防乃至日常生活等方面都起着十分重要的作用。

科学研究 目前,分析化学的作用已经超出了化学领域的范畴,在材料科学、环境科学、能源科学等领域,分析化学都发挥着重要的作用。例如,现代大规模集成电路制造的材料高纯硅,就需要分析化学的方法来研究其中的痕量杂质,不仅需要掌握痕量杂质元素组成的变化,还需要了解杂质元素的形态以及空间分布等方面的信息。可以说,分析化学的作用已经渗入了现代自然科学前沿领域研究的各个角落。

国民经济 工业生产中矿山资源的开发,工业原料的选择,工厂的生产流程分析,产品质量检验,新产品的试制等都必须以分析结果为依据。农业生产中:土壤和水源的成分和性质的测定,农药的分析,也都离不开分析化学的帮助。

总之,在国民经济的各生产部门,医药卫生,科学研究等领域中,分析化学都起着十分重要的作用。

第二节 分析化学的分类

分析化学根据分析任务,分析对象,分析原理和采样量的不同,可以有多种分类方法。

一、定性分析,定量分析,结构分析

这是按分析任务来分类。定性分析的任务是鉴定试样是什么物质或者是由哪些元素,离子,基团或化合物组成;定量分析的任务是测定试样中某一种或几种组分的相对含量,有时候需要对所有组分进行测定(全分析);结构分析的任务是测定物质的化学结构(分子结

构、晶体结构等)。

一般的分析工作中,如果试样的成分已知时可以直接进行定量分析。否则需要先进行定性分析,弄清试样是什么和有什么,然后才进行定量分析工作。

二、无机分析与有机分析

这是按分析的对象来分类。顾名思义,分析对象是无机物的称为无机分析,分析对象是有机物的称为有机分析。由于组成无机物的元素多种多样,因此在无机分析中,要求鉴定试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物组成以及测定各组分的相对含量;无机分析中的结构分析主要是针对一些晶体的结构进行分析。而在有机分析中,虽然组成有机物的种类不多,但结构复杂,种类有数百万之巨,因而我们不仅要进行元素分析,更重要的还要进行官能团分析及分子结构分析等。

三、化学分析与仪器分析

这是按分析方法的测定原理来分类。

(一) 化学分析

以物质的化学反应为基础的分析方法叫做化学分析。化学分析法历史悠久,是分析化学的基础,又被称为经典分析法。

化学分析中,我们把被分析的物质称为试样(也可称为样品),与试样发生化学反应的物质称为试剂。试剂与试样所发生的化学反应称为分析反应。

化学分析中的定性分析就是利用试样与试剂之间发生的分析反应的现象(如:沉淀、颜色、气味、光特性等)来鉴定物质的化学组成。

化学定量分析就是利用分析反应中的试样与试剂的定量关系,以及试剂的用量或产物的多少来测定物质中各组分的相对含量的方法。化学定量分析法包括重量分析法和容量(滴定)分析法。



根据生成的产物的质量($m\text{AmBn}$)来推算试样 A 含量的方法叫重量分析法。重量分析法准确度高,但测定反应速度慢。根据消耗试剂 B 的浓度和体积来求算组分 A 的含量的方法叫容量分析法(滴定分析法)。滴定分析操作简便、快速,准确度也较高($<0.1\%$)。重量分析和滴定分析用于滴定的时间最早,又被称为经典分析法。

总的来说,化学分析法的设备简单,价格便宜,结果准确,应用范围广。但只适用于常量组分的分析、对微量物质的分析灵敏度较差,分析速度比较慢。

(二) 仪器分析

仪器分析法是使用一些特殊仪器的分析方法,是以物质的物理或物理化学性质为基础的分析方法,又可分为物理分析法和物理化学分析法。

(1) 物理分析法:根据被测组分的某种物理性质(相对密度、相变温度、沸点、折光率、旋光度、光谱性质等)与组分的关系,不经化学反应,直接进行定性、定量等分析的方法,称为物理分析法。

(2) 物理化学分析法:根据被测组分在化学变化中的某种物理性质和组分之间的关系,