

化 验 员 培 训 教 材

基础化学分析

王明德 王淑仁 主编

山东科学技术出版社

化验员培训教材

基础化学分析

王明德 王淑仁 主编

山东科学技术出版社

一九八五年·济南

化验员培训教材
基 础 化 学 分 析
王明德 王淑仁 主编

山东科学技术出版社出版
山东省新华书店发行
济南历下印刷二厂印刷

850×1168毫米32开本 20.625印张 1插页 472千字
1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数: 1—25,000

书号13195·136 定价4.70元

内 容 简 介

本教材系统地介绍了化验员应具备的化学分析基本知识、基本理论及基本操作。内容包括定性分析、定量分析、实验室建设与管理及有关实验。定性分析实验以硫化氢系统分析为主，并适当介绍数种阴离子的个别鉴定法。定量分析包括滴定分析法、重量分析法、气体分析法及光度分析法。每种分析法除详细讨论有关理论外，并附有基本实验，以使理论与实践相结合。

该书除作为培训在职化验员的教材外，也可作为中等化工专业学校的试用教材。

前 言

化验工作是生产及科研部门必不可少的一环。随着我国国民经济的发展及四化建设的需要，各生产部门的化验工作及化验人员的队伍都在蓬勃发展和壮大。

目前各企业的化验人员，大多数都是采取师傅带徒弟的办法培养的，只会操作，缺乏基本知识和基本理论，因此，不能保证化验质量，甚至不能满足生产发展的需要。为了更好地开展对化验人员的培训工作，在省经委及省化学化工学会的建议下，我们总结了四期培训班的办学经验后，编写了这本教材。

编写本教材的目的，是帮助具有高中毕业水平并有3年以上工龄的在职化验人员学习并掌握化学分析的基本知识和基本理论，了解常用分析仪器的正确使用方法；并通过实验培养学员严肃认真，实事求是的科学态度。

培训班讲课时，应从学员的实际水平出发，必要时应对高中化学，特别是与分析有关的基本知识作必要的复习，然后再按本教材的内容进行讲授。讲课时一定要通俗易懂，由浅入深，讲课与辅导并重。估计讲课与辅导共453学时，其分配比为1:1。实验共75学时，定性分析实验27学时，定量分析实验48学时。此外阶段考试约占18学时。

参加编写的有：王明德(绪论及滴定分析概论)，王淑仁(溶液中的化学平衡、酸碱滴定法及实验、滴定分析基本操作)，汪云琇(元素性质与元素周期表、光度分析及实验)，吴锦怀(氧化还原法、分析天平及实验)，买光昕(定量分析概论、络合

滴定法及实验、气体分析法), 江崇球(定性分析及实验), 金作民(沉淀滴定法及实验、重量分析法), 李明绩(实验室的建设与管理), 曹桂荣(重量分析基本操作及重量分析实验)。关光昕同志及吴锦怀同志分别在文稿的整理过程中, 做了大量工作。

由于我们的水平有限, 并且缺乏生产实践的经验, 缺点和错误在所难免, 我们衷心欢迎读者提出批评指正。

编 者

1984年12月

目 录

理 论 部 分

第一章	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
§ 1-3	分析化学的发展趋势	4
第二章	溶液中的化学平衡	6
§ 2-1	化学反应速度	6
§ 2-2	化学平衡	12
§ 2-3	电解质溶液	17
§ 2-4	水的电离和pH值	22
§ 2-5	离子反应	25
§ 2-6	盐的水解	27
§ 2-7	沉淀与溶解平衡	28
第三章	元素的性质与元素周期表	40
§ 3-1	原子结构、原子核及核外电子	40
§ 3-2	原子的电子层结构与元素周期表的排列	46
§ 3-3	元素及其化合物的性质和原子结构的关系	55
第四章	定性分析概述	79
§ 4-1	定性分析的方法	79
§ 4-2	定性反应和反应进行的条件	79

§ 4-3	反应的灵敏度和选择性	82
§ 4-4	空白试验与对照试验	85
§ 4-5	分别分析与系统分析	86
第五章	常见阳离子的分析	90
§ 5-1	银组	90
§ 5-2	铜—砷组	96
§ 5-3	铝—镍组	109
§ 5-4	钡组	121
§ 5-5	钾组	125
第六章	阴离子分析	145
§ 6-1	阴离子的分析特性	145
§ 6-2	阴离子的初步试验	146
§ 6-3	常见阴离子的分别鉴定	151
§ 6-4	一般物质的分析	157
第七章	定量分析概论	174
§ 7-1	定量分析的过程	174
§ 7-2	定量分析的方法	176
§ 7-3	定量分析的准确度	178
§ 7-4	定量分析结果的处理	190
附	公差及公差规定时分析数据的处理	196
第八章	滴定分析法概论	200
§ 8-1	滴定分析法的特点及分类	200
§ 8-2	表示溶液浓度的方法	203
§ 8-3	滴定分析的计算方法	206
§ 8-4	标准溶液的配制与标定	210
第九章	酸碱滴定法	215
§ 9-1	酸碱概论	215

§ 9-2	强酸强碱溶液pH值的计算	222
§ 9-3	一元弱酸、弱碱溶液pH值的计算	223
§ 9-4	酸度对酸碱溶液中各种型体的影响	225
§ 9-5	缓冲溶液	231
§ 9-6	酸碱指示剂	238
§ 9-7	酸碱滴定的滴定曲线和指示剂的选择	245
§ 9-8	滴定误差	260
§ 9-9	酸碱标准溶液的配制和标定	263
§ 9-10	酸碱滴定法的应用示例	265
第十章	络合滴定法	272
§ 10-1	络合物	272
§ 10-2	EDTA络合滴定法	287
§ 10-3	络合滴定指示剂—金属指示剂	305
§ 10-4	提高络合滴定选择性的方法	310
§ 10-5	络合滴定法的应用	316
第十一章	氧化还原滴定法	321
§ 11-1	氧化还原反应的实质	321
§ 11-2	氧化还原滴定法的特点和分类	324
§ 11-3	氧化还原反应的方向和完全程度	326
§ 11-4	影响氧化还原反应速度的因素	340
§ 11-5	氧化还原滴定曲线	344
§ 11-6	氧化还原指示剂	349
§ 11-7	氧化还原滴定前的预处理	351
§ 11-8	高锰酸钾法	355
§ 11-9	重铬酸钾法	359
§ 11-10	碘量法	360
§ 11-11	计算示例	366

第十二章	沉淀滴定法	372
§ 12-1	沉淀滴定法应具备的条件	372
§ 12-2	银量法确定终点的方法	372
§ 12-3	硝酸银、硫氰酸铵标准溶液的配制和标定	380
§ 12-4	应用示例	382
第十三章	重量分析法	386
§ 13-1	重量分析法的分类和特点	386
§ 13-2	重量分析对沉淀形式和称量形式的要求	387
§ 13-3	影响沉淀溶解度的因素	390
§ 13-4	获得纯净沉淀的方法	395
§ 13-5	沉淀的形成和沉淀进行的条件	400
§ 13-6	重量分析结果计算	405
§ 13-7	重量分析应用示例	409
第十四章	比色分析及分光光度法	414
§ 14-1	概论	414
§ 14-2	光吸收定律	417
§ 14-3	比色和分光光度法以及使用的仪器	422
§ 14-4	显色反应	431
§ 14-5	测量误差和测量条件的选择	440
§ 14-6	吸光光度法的应用	445
第十五章	气体分析	451
§ 15-1	概述	451
§ 15-2	气体分析基本原理	452
§ 15-3	气体试样的采取	461
§ 15-4	气体分析的仪器	463
§ 15-5	常见气体分析仪	466

§ 15-6	气体分析的计算	468
第十六章	化验室的建设与管理	473
§ 16-1	化验室的筹建	473
§ 16-2	仪器的管理	481
§ 16-3	化学试剂的管理	484
§ 16-4	化验室的安全防护	487

实 验 部 分

第一章	定性分析仪器、基本操作和实验	501
§ 1-1	定性分析的常用仪器和基本操作	501
§ 1-2	定性分析实验	512
第二章	定量分析仪器和基本操作	540
§ 2-1	分析天平	540
§ 2-2	滴定分析仪器和基本操作	561
§ 2-3	重量分析的基本操作	569
§ 2-4	581—G型光电比色计及72型分光光度计 使用方法	581
第三章	定量分析实验	586
实验一	分析天平的称量练习	586
实验二	酸碱标准溶液的配制和标定	588
实验三	混合碱的测定	591
实验四	铵盐中氮含量的测定(甲醛法)	593
实验五	水的总硬度的测定	594
实验六	铅、铋混合液中 Pb^{2+} 、 Bi^{3+} 的连续测定	597
实验七	过氧化氢含量的测定	599
实验八	铁矿石中铁的测定	601
实验九	铜盐中铜的测定	603

实验十	氯化物中氯含量的测定(莫尔法)·····	606
实验十一	氯化物中氯含量的测定(佛尔哈德法)·····	608
实验十二	可溶性硫酸盐中硫的测定·····	611
实验十三	钢铁中镍的测定(丁二酮肟镍重量法)·····	613
实验十四	工业盐酸中含铁量的测定(目视比色法)·····	616
实验十五	钢中含锰量的测定(光电比色法)·····	617

附录

一	定性分析实验仪器及溶液配制·····	621
二	溶度积常数·····	628
三	弱酸、弱碱在水中的离解常数(25℃)·····	632
四	最重要酸的百分浓度和比重表(20℃)·····	636
五	常用的缓冲溶液·····	636
六	标准电极电位·····	637
七	指数加法表·····	639
八	指数减法表·····	640
九	络合物的逐级形成常数·····	641
十	对数表·····	642
十一	反对数表·····	645

附 化学元素周期表

理 论 部 分

第一章 绪 论

§ 1-1 分析化学的任务和作用

分析化学是研究物质的化学组成及其含量的测定方法和有关理论的一门学科，它是化学学科的一个重要分支。

一、分析化学的任务

分析化学按其任务可分为定性分析和定量分析两部分。定性分析的任务是鉴定物质的化学组成，即鉴定物质由哪些元素、离子或原子团所组成。例如，要知道某合金钢是由哪些元素构成的，就要先作定性分析，如果通过定性分析已检出有铁、镍、铬、钛等，这一试样就可能是不锈钢。

定量分析的任务是测定各组分的百分含量。通常是要先学习定性分析以掌握常见离子的分析性质，然后再学习定量分析。

二、分析化学的作用

分析化学作为一门学科，对于化学本身的发展起过重大的作用。通过大量的实验数据，创立和发展了化学中的一些基本定律。

在国民经济建设中，分析化学也起着重要的作用。例如，在工业生产方面，对于原料的选择，工艺流程的控制，产品的检验，新产品的试制，三废的处理和利用等，都需要用分析化

学；在农业方面，对土、肥、水及农药等的研究，也离不开分析化学；在国防建设、破获敌特活动及打击刑事犯罪活动等方面，也需要分析化学紧密配合；此外，科学研究，环境监测，商品进出口检验及医药卫生等都需要分析化学。所以把分析化学誉为生产的“眼睛”是当之无愧的。它在“四化”建设中已经起着并日益发挥其重要作用。

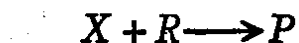
§ 1-2 分析方法的分类

据分析任务、分析对象、操作方法、测定原理、试样的用量等，分析方法可分为以下不同的类别。

一、化学分析法和仪器分析法

（一）化学分析法

以化学反应为基础的分析方法称为化学分析法。化学分析法历史悠久，是分析化学的基础。在基础分析课中也是以此方法为主。例如：



X 是试样中被测定成分， R 为试剂， P 是反应的产物。若试剂的用量恰好符合与 X 的计量关系，就可以利用试剂溶液的浓度及使用的体积，算出试样中 X 的含量，这就是滴定分析法；若加入过量试剂使 X 完全转化成难溶化合物 P ，经过滤、洗涤、干燥、碳化及灼烧后得到有固定组成的产物，再经称重从而算出试样中被测组分的含量，这就是重量分析法。

化学分析法是分析化学的基础，在分析化学的基础课中，就是以学习化学分析法为主。

（二）仪器分析法

仪器分析法是以物质的物理性质或物理化学性质的变化为

基础测定物质含量的方法。由于这些方法都需要使用特殊仪器，所以统称仪器分析法。仪器分析法主要分为：光学分析法、电化学分析法及色谱分析法等。

1. 光学分析法 利用物质的光学性质作为分析依据的分析方法称为光学分析法，它又分为发射光谱分析法和吸收光谱分析法。这种方法的特点是灵敏度高，选择性好，快速准确，适用于微量组分的分析。

2. 电化学分析法 利用被测组分在溶液中的电化学性质为基础的分析方法，称为电化学分析法。它包括：极谱法、电重量法、电位滴定法、电流滴定法、库仑分析法及离子选择电极法等。

3. 色谱分析法 色谱分析法主要分为柱层析法，纸层析法及离子交换法等。这种方法特别适用于性质相近化合物的分离和测定，是高效率，高灵敏度的近代分析方法。

二、根据试样用量不同的分析方法

据试样用量不同，又可以分为常量分析、半微量分析、微量分析和超微量分析法等，这些方法的试样用量见表1-1。

表1-1 常量、半微量及微量分析法试样用量

方 法	试 样 用 量	试 液 体 积 (ml)
常 量 分 析 法	>0.1 g	>10
半 微 量 分 析 法	0.01~0.1 g	1~10
微 量 分 析 法	0.1~10 mg	0.01~1
超 微 量 分 析 法	<0.1 mg	<0.01

在基础分析化学课中，所做的定性分析实验就是用半微量分析方法，定量分析实验就是用常量分析方法。

三、无机分析与有机分析

化学分析法又可根据分析对象的不同分为无机分析和有机分析。在无机分析中，通常要求检测试样是由哪些元素、离子、原子团或化合物所组成，以及各成分的百分含量为多少；在有机分析中，因组成有机物的元素并不多，但有机化合物却多而复杂，所以有机分析除进行元素分析外，更重要的是进行官能团的分析和结构分析。

§ 1-3 分析化学的发展趋势

二十世纪以来，分析化学在工业生产和科学技术高速发展的推动下，也不断地向前发展。除在原有的各种经典方法上不断充实、完善外，由于生产和科学研究的发展不断对分析化学提出新的要求，分析对象和分析任务不断地扩大和复杂化，从而促使分析化学进一步发展，兴起了一系列新的分支。例如，随着原子能科学发展的需要，建立了放射化学分析法；随着半导体技术的兴起，建立了超纯物质的分析方法；随着环境科学的发展，建立了痕量分析及遥测分析方法。当前发展的趋势是：

1. 力求提高分析方法的准确度，降低测定方法的相对误差。例如，对常量分析的相对误差要求降低到 $0.01\% \sim 0.001\%$ ，对含量在 $10^{-5}\% \sim 10^{-9}\%$ 范围内杂质的测定，相对误差要求降低到 $1\% \sim 10\%$ 。

2. 力求提高分析方法的灵敏度，实现能够进行样品量极少和浓度极低的物质的分析。

3. 力求提高分析速度，发展自动分析，遥测分析方法。例如，在地质普查、勘探、环境污染监测工作中，往往需要获

得上千万个数据，因此不仅要求快速和自动化，而且要求发展遥测技术。

4. 建立新的微区分析方法和不损坏试样的分析方法。微区分析方法是研究固体表面的新方法，对于难以获得的微量样品和其它不希望损坏的微量样品的分析，微区分析是很理想的分析方法。

5. 基础理论和应用基础的研究。加强这方面的研究可以发展和开拓一些新的分析方法。

分析化学的发展日新月异，但学习分析化学还是应该循序渐进，在学习基础分析课时，要求学好基本理论，包括溶液中离子平衡的原理，分析化学中各类方法的原理和应用，以培养分析问题和解决问题的能力。

分析化学是一门实验性很强的学科，一定要认真做好每一个实验，学会仪器的使用方法，正确地掌握实验的操作技术，养成良好的实验习惯，严谨的科学作风和实事求是的科学态度，只有这样才能学好这门课程。