

大学化学实验教学示范中心系列教材

◎ 总主编 李天安

化学基础实验(II)

主编 彭 秧 胡小莉 蒋晓慧 宋玉民 岳 凡



科学出版社

大学化学实验教学示范中心系列教材

总主编 李天安

化学基础实验(Ⅱ)

主编

彭 秧

胡小莉

蒋晓慧

宋玉民

岳 凡



科学出版社

11 11

内 容 简 介

本书是依据《高等学校化学类专业指导性专业规范》并基于一级学科平台、以“方法”为中心的实验教学思路编写的,是“大学化学实验教学示范中心系列教材”的第二册。全书共5章,讨论物质化学、物理基本性质的测试。第1章介绍元素与化合物性质研究中的化学方法。第2章介绍物质的三个基本常数和若干物理性质参数的意义和测试方法。第3章讨论物质与介质的相互作用及其参数的测试。全书编排基础实验项目29个,第4章提供综合实验项目5个和设计实验项目3个。实验项目既注重大学化学实验的基础性,又力求涉及多个知识点,避免就项目论“项目”,有利于学生举一反三。写作方式注意与中学化学实验的衔接,利于自学,便于发挥学生的学习主体性,培养创新能力。

本书可作为高等师范、高等理工和综合性院校化学化工专业本科生实验教材,也可供相关专业教学、科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化学基础实验. 第2册 / 彭秧等主编. —北京: 科学出版社, 2014. 1
大学化学实验教学示范中心系列教材
ISBN 978-7-03-039556-6

I. ①化… II. ①彭… III. ①化学实验-高等学校-教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 009658 号

责任编辑:陈雅娴 郑祥志 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:阎磊 / 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.sciencep.com>

保定市 中画美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年1月第 一 版 开本:720×1000 B5

2014年1月第一次印刷 印张:14 3/4

字数:298 000

定价:34.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

大学化学实验教学示范中心系列教材 编写委员会

总主编 李天安

编 委(按姓名汉语拼音排序)

鲍正荣 柴雅琴 刘全忠 马学兵

彭敬东 彭 秧 王吉德 杨 武

杨志旺 袁 若

丛 书 序

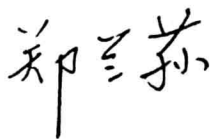
进入 21 世纪以来,我国高等教育逐步转入“稳定规模、提高质量、深化改革、优化结构、突出特色、内涵发展”的阶段。国家通过精品课程建设、示范中心建设、教学评估等系列“质量工程”,和颁布《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》,促进教学质量的提高。高校按照“加强基础、淡化专业、因材施教、分流培养”的方针,积极推进人才培养模式、教学体系、教学内容和教学方法改革,取得了许多有益的经验。教育部颁发的《高等学校化学类专业指导性专业规范》对于兼顾教学内容“保底”和发挥学校特色是一个纲领性的文件。

在这个大背景之下,西南大学等西部四校合作编写的“大学化学实验教学示范中心系列教材”由科学出版社修订出版。这应该是一项非常有益的工作。

首先,教材秉承一级学科平台的编写思路。教材整合传统二级学科的基础内容,按照认知规律形成相互独立又相互联系的课程体系,既体现了“规范”突破传统二级学科壁垒,站在一级学科层面上形成系统连贯学科思维的育人思路,又使“规范”所列最基本知识点落实到能够体现地区高校特色的可操作的具体课程体系中。

其次,教材有自己的理念。化学有实验学科之说,戴安邦先生也有“实验教学是实施全面化学教育最有效的教学形式”的名言。不过,化学实验中究竟教学生什么一直是一个争论的问题。教材编写者对此的回答是:应当教的是“方法”而非知识本身。教学改革是一项复杂而长期的探索活动,愿所有的教育者都成为探索者。

西部高校承载了地区百姓和社会的更多期待,虽然目前其教学条件、规模水平仍有待提高,但是,我们欣慰地看到,西部高校老师正在努力。



2013 年 6 月 15 日

序

2005年,时值各地积极推进实验教学示范中心建设,新、甘、川、渝地区几所高校化学同仁聚会重庆,交流各自实验教学改革的心得。与会代表认为,以“方法”为中心的实验教学理念符合当前化学实验教学改革的基本趋势,符合教育部关于实验教学示范中心建设标准的要求,是创建一级学科教学平台有力的思想工具。经多年来的努力,尽管横向看东西部教育差距不可否认,但纵向看西部高校已今非昔比。因此,合力开发既满足学科教学需要,又反映地区教学改革成果教材的时机已经成熟。

本系列教材遵循实验教学示范中心建设标准,定位于满足一般高校化学类专业基础实验教学,按一级学科模式,把实验教学示范中心建设标准规定的全部教学内容划分为六册。

《化学基础实验(Ⅰ)》和《化学基础实验(Ⅱ)》为第一层次,为化学各二级学科共有或相关的一些操作、技术、物质性质检测。该层次的教学核心是“练”,主要通过现有知识的学习和训练,使学生能够在一定程度上举一反三。从认知心理水平讲,就是接受现有的实验研究技术和有关知识,明确“是什么”(what)。

《理化测试(Ⅰ)》和《理化测试(Ⅱ)》为第二层次,强调物质的关系、行为和反应动态。该层次的教学核心是“辨”,主要通过各种物质的量、反应过程理化参数的描述,使学生了解在化学研究中如何认识物质关系、反应和控制过程。从认知层面上讲,就是认识化学现象的本质原因及其描述方法,理解“为什么”(why)。

《无机物制备》和《有机物制备》为第三层次,强调按照一定的要求,根据相关的知识选择、设计合适的技术,创造新物质。该层次的教学核心是“做”,主要在于知识、技能、条件的综合应用。从认知层面上讲,要求根据需要创造性地解决问题,实现“怎么办”(how)。

本系列教材于2006年由西南师范大学出版社出版试用以来,一方面通过校际交流推进了合作学校的教学改革,取得了一定的成果,另一方面相继发现了教材中存在的问题。在科学出版社的支持下,本系列教材得以重新修编出版。

本次修订以《高等学校化学类专业指导性专业规范》为根本依据,调整知识点在各册的分配,按照学科发展和国家标准修订,更新引用技术、补充完善原有知识点或压缩篇幅,对初版中的错误、笔误、表达晦涩处进行校对和纠正。除此之外还作了如下两方面较明显的变动:

(1) 强化基础。与实验教学示范中心建设标准相比,《高等学校化学类专业指

导性专业规范》更加强调基础,新增了玻璃加工和一些基本物质参数和常规实验技术,修订中都全部予以考虑。

(2) 适度取舍。《高等学校化学类专业指导性专业规范》强化了物质制备,在实验教学示范中心建设标准基础上增加了高分子制备和天然物提取两部分,同时弱化了原化工部分的内容。事实上,高分子和化工部分的教学在不同学校之间差异都很大,常形成学校的办学特色。考虑到本书的基础性定位,这两部分均不涉及。本次修订纳入了天然物提取,因为此类实验项目容易激发学生学习兴趣,所以安排在了《化学基础实验(I)》中,以便提升学生的专业热情。

本次修订得到合作学校领导的大力支持,组织编写队伍,提供实验项目试做的条件;郑兰荪院士给予本系列教材关注并作序,也给大家极大的鼓舞;科学出版社多次及时指导,更使修撰工作少走不少弯路;所有编写老师积极工作,其中还包括家人的支持。这些都难以用一个“谢”字表达。

限于编者水平,错误疏漏在所难免,望读者不吝赐教。

“大学化学实验教学示范中心系列教材”编写委员会

2013年6月

目 录

丛书序

序

绪论	1
0.1 化学学科的特点	1
0.2 物理学对化学学科发展的贡献	2
0.3 化学在自然科学中的地位	2
第1章 元素与化合物的性质	4
1.1 物质性质化学分析的原理	4
1.1.1 基本原理	4
1.1.2 性质评判的基本依据	5
1.1.3 实验工具	7
1.2 物质性质化学分析的方法	8
1.2.1 系统分析和分别分析	8
1.2.2 条件控制与选择性	9
1.3 物质性质与结构的仪器分析方法	11
1.3.1 物质的性质与仪器分析方法的分类	12
1.3.2 分析鉴定物质常用的仪器分析方法	12
实验1 铬、锰	14
实验2 铁、钴、镍	17
实验3 铜、银、锌、镉、汞	21
实验4 碳、硅、锡、铅	25
实验5 碱金属和碱土金属	31
实验6 氧、硫、氮、磷	34
实验7 氯气的制备及性质(微型)	39
实验8 常见阳离子的分离与鉴定	41
实验9 常见阴离子的分离与鉴定	48
第2章 物质性质	54
2.1 基本物理常量	54
2.1.1 摩尔气体常量	54

2.1.2 阿伏伽德罗常量	55
2.1.3 摩尔质量	58
2.2 力学参数	67
2.2.1 密度	67
2.2.2 黏度	69
2.3 相变参数	75
2.3.1 蒸气压	76
2.3.2 升华与凝华	77
2.3.3 熔点	79
2.3.4 沸点	83
2.4 光学参数	85
2.4.1 折射率	85
2.4.2 摩尔折射度	87
2.4.3 旋光度	90
实验 10 阿伏伽德罗常量的测定(电解法)	93
实验 11 摩尔气体常量的测定	95
实验 12 氢气还原法测定铜相对原子质量(微型)	98
实验 13 二氧化碳相对分子质量的测定	100
实验 14 黏度法测定聚合物相对分子质量	102
实验 15 液体密度的测定	106
实验 16 煤相对密度的测定	107
实验 17 微量法测定无水乙醇的沸点	108
实验 18 液体饱和蒸气压的测定	109
实验 19 提勒法测定乙酰苯胺和苯甲酸的熔点	112
实验 20 折射率法测定乙醇的含量	113
实验 21 葡萄糖和果糖的旋光度测定	114
第 3 章 物质与介质	116
3.1 分散体系	116
3.1.1 概述	116
3.1.2 分散体系的研究方法	118
3.2 溶解	119
3.2.1 概述	119
3.2.2 溶解度	125
3.3 解离	128

3.3.1 概述	128
3.3.2 电导	134
3.3.3 pH	141
实验 22 去离子水的制备与检测	147
实验 23 晶体析出法测硝酸钾溶解度	152
实验 24 电导法测硫酸钡溶度积	154
实验 25 $I_3^- \rightleftharpoons I^- + I_2$ 平衡常数的测定	155
实验 26 自来水溶液 pH 的测定	158
实验 27 土壤 pH 的测定	160
实验 28 铁(Ⅲ)与磺基水杨酸配合物的组成及稳定常数的测定	162
实验 29 B-Z 化学振荡显色反应	165
第 4 章 综合设计性实验	168
综合 1 从海带中提取碘	168
综合 2 电解质在水溶液中的解离平衡	169
综合 3 弱酸电离度和电离常数的测定	173
综合 4 氧化还原反应和氧化还原平衡	175
综合 5 味精中谷氨酸钠含量测定方法的比较	178
设计 1 未知物的分离与鉴定	180
设计 2 简易法测镁相对原子质量的条件选择	181
设计 3 难溶物溶度积的测定	182
第 5 章 数据与资料	184
5.1 性质与方法	184
5.1.1 某些离子和化合物的颜色	184
5.1.2 常见离子鉴定方法汇总表	186
5.1.3 离子交换树脂的使用	191
5.1.4 特殊试纸	193
5.2 常数与数据	194
5.2.1 气体在水中的溶解度	194
5.2.2 常见沉淀物的 pH	195
5.2.3 一些无机化合物的溶解度	197
5.2.4 溶度积常数	199
5.2.5 25℃时氯化钾溶液的电导率	202
5.2.6 离子无限稀释摩尔电导率	202
5.3 常用仪器	202

5.3.1	贝克曼温度计	202
5.3.2	电热显微熔点测定仪	205
5.3.3	阿贝折射仪	207
5.3.4	722 型可见分光光度计	209
5.3.5	电导率仪	212
5.3.6	pHS-2 型酸度计	216
主要参考文献		223

绪 论

学习指导

绪论讨论的三个问题实质上是说明了本书及整个化学学科都与其他自然科学甚至社会科学有着千丝万缕的联系,任何学科的发展都与整个人类的知识技术体系发展不可分割。因而在学习中需要打破学科的桎梏,充分借鉴,开拓思维;同时,尊重其他学科与尊重其他人一样,都是一个科技工作者的基本素质,也是个人成功的基础。

0.1 化学学科的特点

化学学科的传统定义是“研究物质性质、组成、结构、变化和应用”的学科,也有说是“实验”学科。然而,这个定义对自然科学最基础的学科——物理学、生命科学、地球科学而言似乎都可以通用。可见,这些定义并没有真正反映化学学科的特点。

众所周知,化学最激动人心的事是新物质的合成。所以,中国科学院院士徐光宪给出了如此定义:“化学是研究从原子、分子片、分子、超分子、生物大分子到分子的各种不同尺度和不同程度的聚集态的合成和反应,分离和分析,结构和形态,物理性能和生物活性及其规律和应用的科学。”这个定义的精妙之处在于既突出了化学的反应性,又展现了化学学科研究的层次性;既强调了化学的制备功能,又指出了物性探究功能;既体现了化学是一门基础学科,又明确了它的应用价值。从中不难看出,“化学学科的基本特征是它的反应论,即物质在其相互作用中可以转化的理论”。而且,“反应论既是化学学科理论之归宿,又是化学学科方法论之核心”,是“发现与创造的科学”。

化学的反应论不仅在于把合成作为本学科的核心,还在于通过反应认识物质。后一点可以从两方面提供给人们关于物质性质的信息,一是产物相对于反应物的变化或不同,二是反应过程中所呈现的现象。前者通常被认为是静态地认识物质,因为这就是两种或多种不同物质的比较,是“是什么”的探究;后者被认为是动态地认识物质,因为这是产物如何从反应物中“脱胎换骨”的形成过程,是“怎么样”的探究。这两个方面都非常重要,因为通过这些探究,既认识物质,也认识反应。本书中的第1章就是两者的具体应用。

0.2 物理学对化学学科发展的贡献

物理学是探讨物质结构和运动基本规律的一门基础学科,这个定义与化学学科的传统定义何等相似!事实也如此,中国科学院院士唐有祺从学科发展史的角度讨论了化学和物理学这两门学科的相互关系。他指出,尽管在经典物理时期,化学与物理之间曾有过一种约定俗成的分工,其要点是化学要追究物质的组成及其变化,而物理在研究中则需回避物质组成的变化。双方一直是相互促进、共同发展,最终取得了“种瓜得瓜、种豆得豆”的效果。尤其是近代物理学的进展,在理论和实验两方面都为化学的发展提供了前所未有的动力。在理论研究上,物理学的热力学、分子运动论和统计理论成为物质反应过程研究中强有力的武器,是物理化学形成和研究的基本理论支柱。在实验研究上,各种物质测试技术、仪器层出不穷,极大地改善了化学研究方法,提高了研究精度。可以说,现代的物理和化学分工越来越明确,各自发展越来越深入,又越来越相互渗透,界限也越来越模糊。

物理对化学实验研究的促进可以概括为两个方面。

一是提供了更加快速而准确的物质性质测试手段。在化学研究的早期,许多物质性质都是依靠反应来测试的。如有机分子中的基团测试就是由特定的试剂与待测物反应,如果发生预料中的反应,则认定待测物拥有该基团。这种方法也是最初的有机定性分析。这种测试不但需要较长的时间和较高的成本,而且由于副反应的存在和试剂的选择性,效果往往不太理想。物理方法直接根据物质分子的光、电、磁等物理性质来测试,不仅使检测更轻松,而且许多很难设计反应的物质性质也可方便地进行检测。

二是提供了大量过程描述的手段。早期的化学研究往往注重反应的产物,因而研究者常为同时发生的“副”反应所困扰。利用反应过程中物质转变时中间产物或产物增量引起的体系物理参量变化,运用物理检测手段进行表征,不仅有力地证实了大量的化学理论、概念,更为化学工业生产提供了不可替代的控制技术。

本书的第2、第3章就是上述第一方面的具体体现。尽管这些参数都是物质在“非反应”的状态下的性质描述,因而也可以称为“静态”的参数,但是在特定的场合,通过巧妙的实验设计,也是可以用来反映反应的。这种运用物理方法研究化学的实验在后续的学习中俯拾皆是。

0.3 化学在自然科学中的地位

自然科学发展至今,人们都面临一个尴尬的现实,那就是当关注和学习一个学科时,几乎不可能对该学科的所有定理、概念和技术全面通晓,因为学科的知识总

量已经多到人的精力和时间所不可及。为了解决这个问题,必须要明确两件事:第一就是为什么有如此众多的学科,第二就是如何才能快速接近学科前沿。

关于学科的形成,中国科学院院士路甬祥有一个重要而基本的论断:“科学知识体系具有整体化的本质特征。”也就是说,世界只有一个,但可以有繁多的学科,而“科学是内在的整体,被分解为单独的部门不是取决于事物的本质,而是取决于人类认识能力的局限性”。所以,“始终勃兴的交叉科学,包括边缘科学、横断科学、综合科学和软科学等,消除了各学科之间的脱节现象,填补了各门学科之间边缘地带的空白,将条分缕析的学科联系了起来。综合运用多种学科的理论和方法研究复杂的客体,从而才真正能够实现科学的整体化”。

由此说明,世界上没有一门学科可以是“中心”的或“统帅”的,学科之所以形成并发展,是因为它总是从一个侧面说明了世界,并和其他学科有着天然的联系。而这种联系注定了学科的学习不在于背诵孤立的理论、定义、概念,重要的是把握住两点:要抓住其核心,即该学科“看”问题的方法或区别于其他学科的认识世界的角度;要兼收并蓄,充分考虑和借用其他学科的理论、方法。这就是我们快速接近学科前沿的思想方法。当今科技进步对于化学已经赋予了“分子工程学”的美誉,要求“多致力于贯通性能、结构和制备三者之间关系的理论,而不要只考虑分离和表征组分的性能”,彰显了化学学科的发展和实验在研究中的地位,不妨作为我们在今后的学习中随时需要注意的思维定势。

【思考题】

0-1 查阅化学史资料,用其中的实例说明其他学科发展在化学理论产生和发展中的作用。

0-2 查阅不同版本的化学理论课教材,收集它们给化学学科下的定义,比较讨论这些定义的异同,并说明你的观点。

0-3 查阅《化工产品手册》或《化工百科全书》中关于某种化工产品的论述,分析讨论该产品的生产工艺、质量标准、生产控制、产品检验各方面涉及哪些学科的知识和技术,化学原理是如何与这些学科有机结合起来的。

(李天安)

第 1 章 元素与化合物的性质

学习指导

本章以定性分析为主要例证,从化学常规分析的角度,讨论了物质性质分析的基本原理和方法。在学习本章的时候,不应拘泥于字面反映的知识本身,而应该通过这些原理和方法,理解物质鉴别的基本思路,进而理解科学研究中对客观事物按照其共性进行分类,按照个性寻求鉴别的基本思想。

1.1 物质性质化学分析的原理

物质性质的差异取决于其组成和结构。所以,组成与结构的变化规律必然带来物质性质的规律性变化。例如,研究相关元素及其化合物(同一区、同一族)的性质并与其他元素对比,就可以发现结构决定性质、性质反映结构,特殊结构决定个性、系统结构决定共性的普遍规律。

1.1.1 基本原理

化学学科发展的早期,研究元素与化合物的性质是学科发展中最重要的工作。这时,人们大量运用化学学科的反应论观点,对各种单质、化合物进行反应性探索,从而发现了元素和化合物诸多的化学性质。这些成果不仅推动了物质性质分析本身的进步,更促进了合成化学的诞生和迅猛发展。可以说,性质分析既是人类认识物质化学本质的手段,也是化学学科理论和研究技术进步的思想源泉,更是推动了化学学科成为人们改造世界的工具。

由于技术发展的局限性,与现代物质性质研究手段相比,早期的手段较为落后,如今大多被先进的仪器分析所取代,然而这些研究仍然有突出的特色,表现在如下三个方面。

(1) 反应性。通过已知物质(称为试剂)与待测物之间发生反应,并根据反应呈现出现象来评判待测物的性质,再根据这些性质与已知结构物质性质的比较来判断待测物的结构。

(2) 新物质生成。反应的现象实际上是新物质所具有的特征。新物质的出现正是化学学科最激动人心的时刻。

(3) 物质分离。天然物质显然是人们面临的最大量的研究对象。因此,除去物质中杂质的干扰是性质分析的起码要求,从而开发出的杂质分离和掩蔽技术为产品纯化和定量分析打下了良好的基础。

1.1.2 性质评判的基本依据

定性分析有两类测试方法。第一类称为干法分析,如焰色反应、熔珠实验、粉末研磨法等。其中,焰色反应是人们熟知的现象,不同金属元素有特征性的火焰色泽(表 1-1)。

表 1-1 元素焰色反应的色泽

元素	火焰色泽	元素	火焰色泽	元素	火焰色泽
钾	紫	钙	砖红	硼	绿
铷	蓝紫	锶、锂	胭脂红(紫红)	钡、钼	黄绿
铯	紫蓝	铜	绿或浅蓝	铅、砷、锑、硒	浅蓝
钠	亮黄	铊、铟	宝石绿		

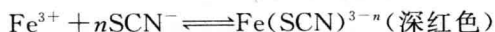
熔珠实验是将样品与硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、磷酸盐($\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)等熔剂熔融,观察熔珠的颜色。不过,天然样品的组分都很复杂,特别是当目标元素含量低的时候,熔珠颜色往往并不容易观察。

因为干法分析本身不够完善,所以一般只能作为定性分析的辅助实验方法,作为初步判断的依据,最终结果应由湿法分析确定。所谓湿法分析就是把样品先行溶解,制备成溶液,必要时还必须先行除杂以减少干扰。湿法分析气态物质则是让气体通过检测液来进行。这里的讨论只针对湿法。

1. 颜色反应

样品中的待测物质与试剂反应产生颜色变化是最重要的一类观察评判依据。颜色反应的要求是反应速率快,色泽变化显著,易于观察。根据反应时的变化趋势,可以有三种情况。

(1) 出现新的颜色。对于原来无色或色泽很浅的体系,待测物与试剂反应生成色泽明显的物质。例如



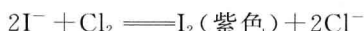
反应的灵敏度随过量试剂的加入而提高。

(2) 原有的颜色褪去。与上述现象相反,有时溶液中产生色泽的成分与待测物发生反应后转变为无色的产物。例如



(3) 转变成新的颜色。反应新生成的物质与溶液中原有的显色物质不同,从而使体系色泽改变。

例如,从制盐原卤中提取碘的经典反应是向其中加入氯水(通氯气)



在实验室中,由于样品中碘的含量不高,反应后溶液中的单质碘可以用四氯化碳萃取富集,有机相就清楚呈现出了紫色。

可是,如果继续加入氯气和振荡,由于原卤中还含有溴,有机相的紫色将褪去,转变为红棕色或黄色



也可以因为物质在反应前后的状态不同而使体系呈现出不同的色泽



这是用二价铁(一般使用硫酸亚铁)处理六价铬(如电镀)废水的经典方法。生成的 Cr^{3+} 可以通过调节 pH 至碱性而沉淀除去。

反应产物是否有色对于鉴别分析的意义有时是可以相互转化的。例如,在上述用 SCN^- 鉴别 Fe^{3+} 的例子中,如果加入试剂 NaF,则有下列反应发生



虽然 Fe^{3+} 同 F^- 所形成的配合物比较稳定,但因 $[\text{FeF}_6]^{3-}$ 无色,不能作为鉴定反应使用。可是,如果实验需要的是消除 Fe^{3+} 对某一反应的干扰而进行掩蔽处理,这个反应就有意义了。

2. 相态变化

一般说来,体系中出现相态变化更容易观察,因而这类反应就成为检测的最重要的另一类观察评判依据,在实际中甚至比颜色变化应用更广。通常可以把这种变化划分成如下四种方式。

(1) 沉淀。试剂加入真溶液中产生沉淀是最常用的鉴别方法,如草酸钙、硫酸钡沉淀的生成都是人们熟知的反应。沉淀生成的前提是形成的产物在原有的溶液介质中有显著更小的溶解度,而且体系中不存在阻碍沉淀形成的因素。生产上,形成沉淀是许多化工产品的制备手段,因为沉淀可以非常方便地从母液中分离出来,并且可以简单地用洗涤方法除去其中的杂质。

有时,产物并不能从介质中沉淀下来,微细颗粒形成胶体溶液。这时溶液变得浑浊不透明,也是很容易观察的现象。

(2) 气体。试剂或其他物理方法(如加热)使含有待测物的体系逸出气体也是一个容易观察的现象。大家熟知的碳酸盐遇强酸放出 CO_2 、铵盐遇碱或被加热放出气态 NH_3 就是典型的例子。

(3) 结晶。如果反应产物能够形成晶体,就很容易观察到它从溶液中沉淀下来。晶体与沉淀的形成效果相似,但由于晶体中可以包含相当一部分的溶剂,有时