

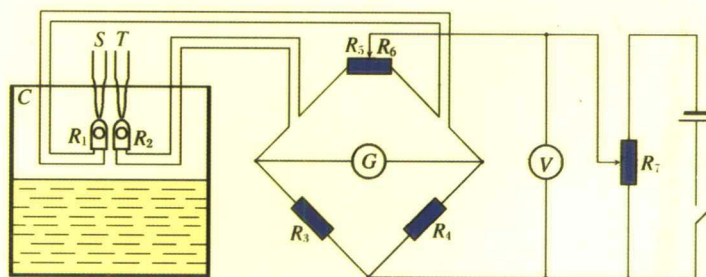
大学化学实验教学示范中心教材

总主编 李天安

化学基础实验(II)

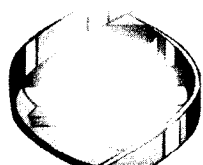
HUAXUE JICHU SHIYAN

本册主编 彭秧 李天安 蒋晓慧 宋玉民 黄梓平



西南师范大学出版社

大学化学实验教学示范中心教材



总主编 李天安

化学工业出版社

化学基础实验(II)

HUAXUE JICHU SHIYAN



本册主编 彭 秧 李天安 蒋晓慧 宋玉民 黄梓平

西南师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学基础实验(Ⅱ)/李天安总主编,彭秧等主编. —重庆:西南师范大学出版社,2007.2
大学化学实验教学示范中心教材
ISBN 978-7-5621-3803-7

I. 化... II. 李... III. 化学实验—高等学校—教材 IV. 06-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第022974号

化学基础实验(Ⅱ)

总 主 编:李天安

本册主编:彭 秧 李天安 蒋晓慧 宋玉民 黄梓平

责任编辑:杨光明

整体设计:汤 立

出版、发行:西南师范大学出版社

(重庆·北碚 邮编:400715)

网址:www.xscbs.com)

印 刷:重庆现代彩色书报印务有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:16.75

字 数:350千字

版 次:2007年2月第1版

印 次:2007年2月第1次

书 号:ISBN 978-7-5621-3803-7

定 价:25.00元



大学化学实验教学示范中心教材

本系列教材定位为：“适应大学实验教学示范中心建设要求的、基于一级学科平台的、以‘方法’为中心的实验教学”教材。

化学作为一门实验学科，实验在教学中的作用历来都被教育界看重。正如著名的化学家戴安邦教授的名言：“实验教学是实施全面化学教育最有效的教学形式”^①。在此，戴教授提出了一个非常重要的看问题的思路，那就是教学过程究竟应该“教”什么？他认为，化学教学有两个方面，一方面是化学知识，而另一方面是这些知识是怎样来的，并且后者“可能是更重要的一面”。实验教学应当完成的任务正是后者。

教育部《实验教学示范中心建设标准》更明确指出，实验课程应是“适应学科特点及自身系统性和科学性的、完整的课程体系”，使学生通过实验教学“掌握基本实验操作方法，能够正确地使用仪器设备，准确地采集实验数据。具有正确记录、处理数据和表达实验结果的能力；认真观察实验现象进行分析判断、逻辑推理、做出结论的能力；正确设计实验（选择实验方法、实验条件、仪器和试剂等），并通过查阅手册、工具书及其他信息源获得信息以解决实际问题的能力。要注重培养学生实事求是的科学态度，百折不挠的工作作风，相互协

① 戴安邦. 实验教学实施全面化学教育有效形式. 实验室研究与探索, 1994(3): 1~5

作的团队精神、勇于开拓的创新意识。”

所以,实验教学已经不是单纯的“技能”训练,而必须应对学科深化与辐射、分化与交叉、理论与应用都呈现快速发展和融合的势头,是学生接受全面的学科、甚至科学素养培养最重要的渠道。这就是我们提出的以“方法”为中心的实验教学理念的初衷。

这里所谓的“方法”是一个广义的概念,是“方法论”的一种表述。简略地说,是指三个方面。这三个方面都从根本上突破了二级学科的局限,处处彰显创新。

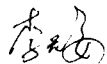
* 技术方法:是技术的综合、是对于针对同一对象或需要而运用相同和不完全相同科学原理构建的各种技术的理解。教学中不可能也没必要把学科当今技术都让学生经历一遍,但是,学生应当具有根据工艺功能要求评价和选择技术的能力却是教学的基本要求。

* 思维方法:是一种设计和综合各种技术的能力。实验教学是给学生提供一个舞台,让学生针对具体课题去寻求、评价和选择解决方案。把教学内容局限在“项目”中就是对思维发展的扼杀。

* 思想方法:实验的无穷尽性使之在思想方法训练方面功能独到。这种训练促进学生发展发现命题、论证命题、设计解决方案、实施方案、评估效果并发现新的命题的逻辑能力。其中贯穿了超越本学科的学识水平和人格道德品质,是跨文理的科学素养、解决实际问题的创新潜能的形成过程。

因此,尽管本系列教材作为一个尝试,疏漏谬误在所难免,但我们愿以此抛砖引玉,奉献给学子和同仁。

是为序。



2006年8月于重庆

内 容 提 要

本书是适应大学实验教学示范中心建设要求的、基于一级学科平台的、以“方法”为中心的实验教学化学系列教材的第二册,分绪论、上篇、下篇、附录四部分。绪论从化学学科的特点入手,重点讨论了化学和物理学这两大物质学科相互促进、共同发展的关系。上篇分3章展开讨论。第1章介绍了元素与化合物性质研究中的化学方法。第2章介绍了物质的3个基本常数和若干物理性质参数的意义和测试方法。第3章讨论了物质与介质的相互作用和几个作用参数的测试。下篇设置了较为丰富的实验,包括基本实验(25个)、综合实验(6个)和设计实验(4个)。实验项目尽量做到涉及多个知识点,避免就项目论“项目”,有利于学生举一反三。本书注意与大学一年级理论课程配套,强调基础性,注重综合性。写作方式上注意有利于自学,便于发挥学生的学习主体性、自主参与和实践、创新。

本书可作为高等师范院校、高等理工大学和综合性大学化学化工专业本科生教材,也可供医学院校等相关院校的相关专业教学、科研人员阅读参考。

目 录

绪论	(1)
----------	-----

上篇 知识与训练

第1章 元素与化合物的性质	(7)
1.1 物质性质化学分析的原理	(7)
1.1.1 基本原理	(7)
1.1.2 性质评判的基本依据	(8)
1.1.3 实验工具	(11)
1.2 物质性质化学分析的方法	(12)
1.2.1 系统分析和分别分析	(12)
1.2.2 条件控制与选择性	(13)
1.3 物质性质与结构的仪器分析方法	(15)
1.3.1 物质的性质与仪器分析方法	(15)
1.3.2 未知物性质分析常用的仪器方法	(16)
第2章 物质性质	(19)
2.1 基本物质质量常数	(19)
2.1.1 摩尔气体常数	(19)
2.1.2 阿伏加德罗常数	(20)
2.1.3 摩尔质量	(23)
2.2 力学参数	(33)
2.2.1 密度	(33)
2.2.2 黏度	(35)
2.3 相变参数	(40)
2.3.1 蒸气压	(41)

2.3.2	升华与凝华	(42)
2.3.3	熔点	(43)
2.4	光学参数	(49)
2.4.1	折射率	(49)
2.4.2	摩尔折射度	(51)
2.4.3	旋光度	(54)
第3章	物质与介质	(57)
3.1	分散体系	(57)
3.1.1	分散体系	(57)
3.1.2	分散体系的研究方法	(59)
3.2	溶 解	(61)
3.2.1	概述	(61)
3.2.2	溶解度	(67)
3.3	离解	(70)
3.3.1	离解	(70)
3.3.2	电导	(74)
3.3.3	pH 值	(84)

下 篇 实 验

I	基本实验	(93)
实验一	铬、锰	(93)
实验二	铁、钴、镍	(95)
实验三	铜、银、锌、镉、汞	(99)
实验四	常见阳离子的分离与鉴定	(103)
实验五	卤素(微型)	(118)
实验六	氧、硫、氮、磷	(120)
实验七	常见阴离子的分离与鉴定	(126)
实验八	阿伏加德罗常数的测定(电解法)	(132)
实验九	摩尔气体常数的测定	(134)
实验十	氢气还原法测定铜相对原子质量(微型)	(137)
实验十一	黏度法测定聚合物相对分子质量	(139)
实验十二	液体饱和蒸气压的测定	(143)
实验十三	稀溶液法测定水的沸点升高常数	(146)
实验十四	折光率法测定乙醇的含量	(149)
实验十五	晶体析出法测硝酸钾溶解度	(150)

实验十六	电动势法测碘酸铜溶度积	(152)
实验十七	电导法测硫酸钡溶度积	(154)
实验十八	离子交换法测定二氯化铅溶度积	(156)
实验十九	电导法测定弱电解质的电离常数	(160)
实验二十	自来水溶液 pH 值的测定	(162)
实验二一	土壤 pH 值的测定	(164)
实验二二	去离子水的制备与检测	(167)
实验二三	铁(Ⅲ)与磺基水杨酸配合物的组成及稳定常数的测定	(172)
实验二四	H-Z 振荡反应	(175)
实验二五	化学反应速率与活化能	(178)
II	综合实验	(183)
综合一	植物中某些元素分离与鉴定	(183)
综合二	从海带中提取碘	(185)
综合三	碘酸钙的制备及其 K_{sp} 的测定	(187)
综合四	钴(Ⅲ)与乙二胺手性配合物的合成与拆分	(190)
综合五	电解质在水溶液中的离解平衡	(192)
综合六	弱酸电离度和电离常数的测定	(198)
III	设计实验	(201)
设计一	未知物的分离与鉴定	(201)
设计二	碱式碳酸铜制备及其含铜量的测定	(202)
设计三	难溶物溶度积的测定	(203)
设计四	毛发酸水解制备混合氨基酸	(204)
IV	常用仪器	(207)
IV.1	贝克曼温度计	(207)
IV.2	电热显微熔点测定仪	(210)
IV.3	阿贝折射仪	(212)
IV.4	旋光仪	(213)
IV.5	722 可见分光光度计	(215)
IV.6	电导率仪	(219)
IV.7	pHS-2 型酸度计	(223)

附 录

附录一	某些离子和化合物的颜色	(230)
-----	-------------------	-------

附录二 常见离子鉴定方法汇总表 (232)

附录三 特殊试纸 (236)

附录四 气体在水中的溶解度 (238)

附录五 常见沉淀物的 pH 值 (238)

附录六 一些无机化合物的溶解度 (240)

附录七 溶度积常数 (243)

附录八 25 °C 时氯化钾溶液的电导率 (245)

附录九 无限稀释离子摩尔电导 (246)

附录十 离子交换树脂的使用 (246)

附录十一 国家标准 (248)

绪 论

学习目标

1. 理解化学在自然科学发展中的作用,树立正确的学科观。
2. 了解物理学及其他学科对化学学科发展的推动作用,树立兼收并蓄的学习观。

学习指导

绪论讨论的三个问题实质上都说明了本书及其整个化学学科都与其他自然科学、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,因而在学科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。

建议课外 2 学时。

0.1 化学学科的特点

化学学科的传统定义是“研究物质的组成、结构、性质、变化和应用”的学科,也有人说“实验”学科。然而,这个定义对自然科学最基础的学科——物理学、生物学、地理学而言,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。”

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。就后一点,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之变化或不同,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。本书中的第一章就是前者的具体应用。

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。但双方就一直是相互促进、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推动。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利器,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,现代的物理和化学的分工既越来越明确、各自发展越来越深入,又越来越相互渗透、界限越来越模糊。

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。

本书的第二、第三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”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继的学习中将俯拾即是。

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。因此,为了解决这个问题,必须要搞清楚的是两件事,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,中国科学院路甬祥院长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。实际上存在着由物理学到化学、通过生物学和人类学到社会科学的链条,这是一个任何一处都不能被打断的链条。”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结了起来,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:一是要抓住其核心,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;二是要兼收并蓄,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。今后它也当更多地注意生物和工程技术性能,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式。

思考题

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。
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。
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。



参考文献

- [1] 徐光宪. 理论化学与下世纪“化学学科重组”前瞻. 结构化学, 2000, 19(1): 74~77
- [2] 殷传宗. 物理学与自然科学基础学科. 第1版. 长春: 东北师范大学出版社, 2001. 126
- [3] 唐有祺. 化学学科的发展历史. 化学世界, 2002(10): 507~560
- [4] 路甬祥. 学科交叉与交叉科学的意义. 中国科学院院报, 2005, 20(1): 57~59

【 上 篇 】

知 识 与 训 练

第 1 章 元素与化合物的性质

学习目标

1. 了解元素与化合物性质分析的基本原理和思维方法,并能够从人类对物质世界的一般认知规律的高度理解这些方法。
2. 初步理解“化学学科的基本特征是它的反应论”的重要观点。
3. 理解学科研究技术的进步源泉及其对实验方法的促进功能。

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方法。

建议课外 4 学时。

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(例如,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