

元素化学实验

张其颖 王麟生 陈波* 编

Y u a n S u H u a X u e S h i Y a n

华东师范大学出版社

元素化学实验

张其颖 王麟生 陈波 编
华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

元素化学实验/张其颖等编著. —上海: 华东师范大学出版社, 2006. 9

ISBN 7-5617-4963-5

I. 元... II. 张... III. 无机化学—化学实验—高等学校—教材 IV. 061-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 110036 号

华东师范大学教材学术著作出版基金资助出版

元素化学实验

编 者 张其颖 王麟生 陈 波

责任编辑 应向阳

封面设计 卢晓红

版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社

市场部 电话 021-62865537

门市(邮购)电话 021-62869887

门市地址 华东师大校内先锋路口

业务电话 上海地区 021-62232873

华东 中南地区 021-62458734

华北 东北地区 021-62571961

西南 西北地区 021-62232893

业务传真 021-62860410 62602316

http: // www. ecnupress. com. cn

社 址 上海市中山北路 3663 号

邮编 200062

印 刷 者 宜兴德胜印刷有限公司

开 本 787×1092 16 开

插 页 2

印 张 12.5

字 数 270 千字

版 次 2006 年 10 月第一版

印 次 2006 年 10 月第一次

印 数 4100

书 号 ISBN 7-5617-4963-5/O·183

定 价 28.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题,请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

一、实验现象

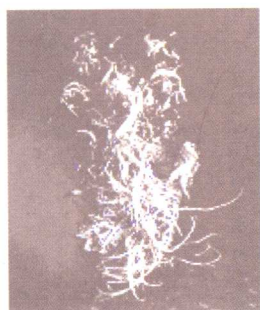


图1 蓬松的 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

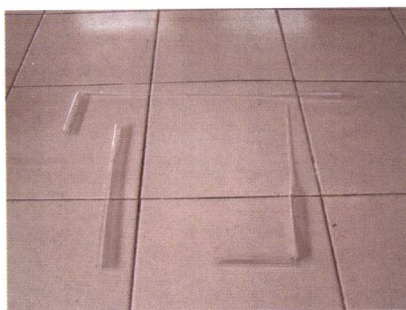


图2 微型实验制备和检测 NH_3

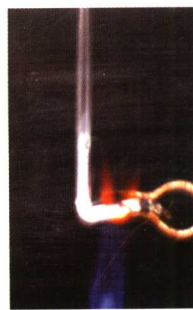


图3 CrO_3 的蓝色

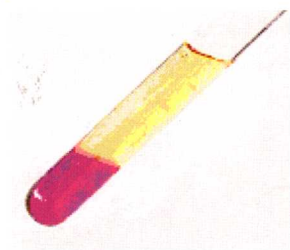


图4 CCl_4 萃取碘



图5 鉴定 NO_3^- 的棕色环



图6 硼酸酯燃烧的绿色火焰



图7 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]$ 结晶析出

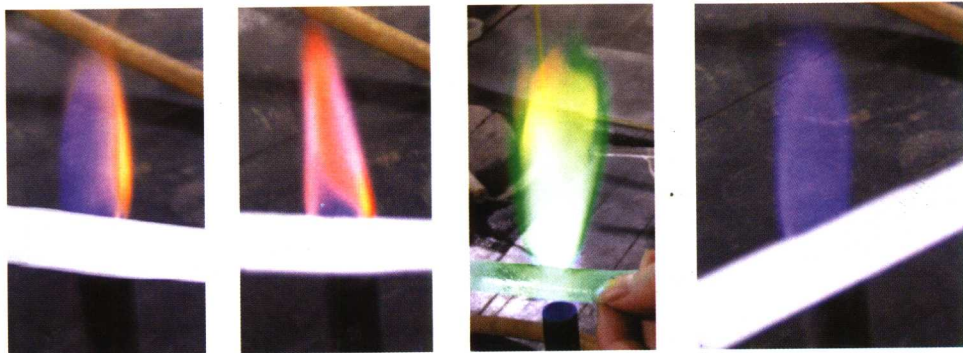


图8 焰色反应的简易操作

二、溶液的颜色

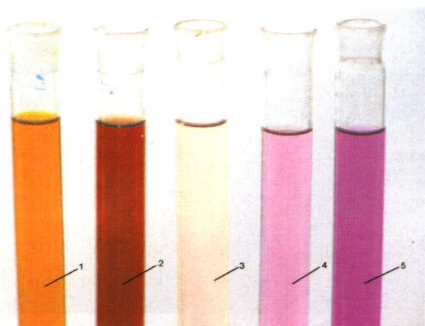


图 9

1. 橙红色($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
2. 血红色($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$)
3. 肉色(Mn^{2+})
4. 粉红色($[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$)
5. 紫红色(KMnO_4)



图 10

1. 黄绿色($[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$)
2. 蓝绿色(CuCl_2)
3. 深蓝色($\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)
4. 蓝色($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$)
5. 浅蓝色(CuSO_4)

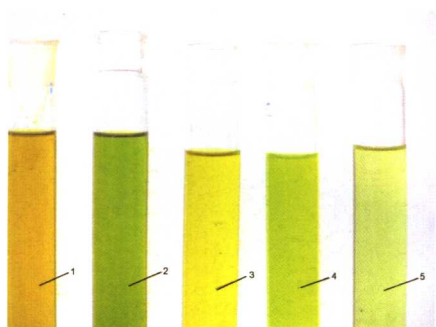


图 11

1. 棕黄色(FeCl_3)
2. 黄绿色($[\text{CuCl}_4]^{2-}$)
3. 黄色(K_2CrO_4)
4. 亮黄色(荧光黄指示剂)
5. 草绿色(FeCl_2)

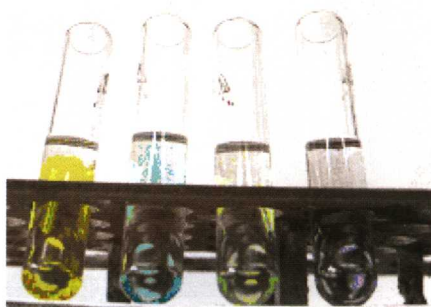


图 12

钒的价态和颜色: $\text{V}(\text{V})$ 黄色; $\text{V}(\text{IV})$ 蓝色; $\text{V}(\text{III})$ 绿色; $\text{V}(\text{II})$ 紫色。

三、合成实验装置图



图 13 化学沉积法制备金属膜电阻器

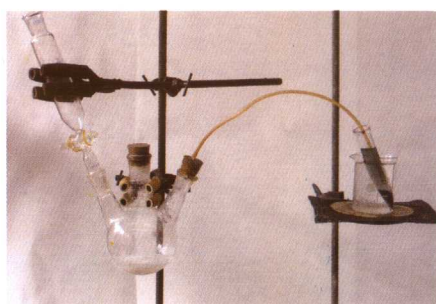


图 14 三氯化铬水合异构体的制备

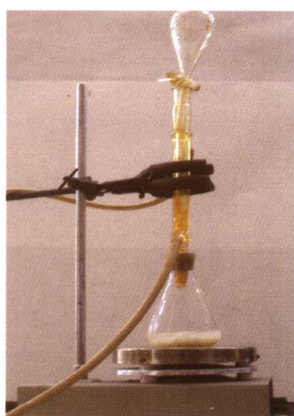


图 15 合成二茂铁



图 16 环戊二烯解聚

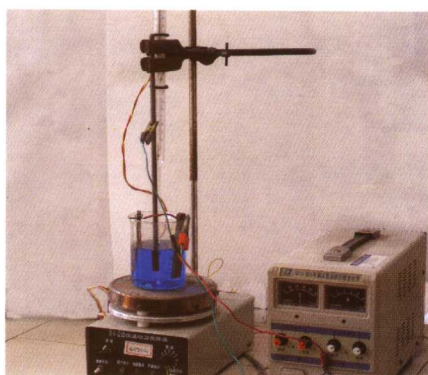


图 17 电化学合成碘酸钾



图 18 氯化亚铜制备及催化苯环膦酸化实验装置

前 言

本教材是华东师范大学化学系教学改革的系列成果之一。1995 年秋,化学系作为学校教学改革的试点系之一,在长期教学研究和实践的基础上,提出了高等师范院校化学专业整体教学改革分层次推进的构想。《元素化学实验》属于第二层次的专业必修课。

《元素化学实验》是在原无机化学实验的基础上,经过多年的教学实践和近八年的改革实践编写而成的。其内容有以下几个方面:**绪论**,主要内容是元素化学实验的重要性,元素无机化学实验课的学习方法;**化学原理篇**,选取 6 个依据化学基本原理设计的经典实验,旨在提高学生理论联系实验的能力,加强对基础理论包括 5 个实验,实验原理涉及到气体状态理论、热力学基本理论、动力学基本理论和无机化学四大平衡理论等,体现了化学原理在研究元素及其化合物性质中的指导作用;**基本性质篇**,以元素周期表主族和副族为线索,系统地学习和试验元素及其化合物基本性质;**制备篇**,无机化合物制备方法也是本书的重点内容,包括 6 种基本类型的实验,分别是无机物制备基本操作、从矿石类原料制备无机化合物、从工业废料中制备无机化合物、非水溶剂中制备无机化合物、高温反应制备无机化合物、电解方法制备无机化合物等,目的是让学生通过无机化合物的性质和无机反应类型的学习较为全面地了解无机化合物和无机试剂的制备原理和方法,为后续课程(如中级无机化学实验、无机合成等)打下基础;**应用化学实验**,包括:纳米材料制备,葡萄糖酸锌的制备,水中溶解氧的测定,过氧化钙的制备等。内容涉及到环境保护、生物无机化学及无机材料化学等学科前沿内容,不仅扩大了学生的知识面,同时也让学生感受到作为一个化学工作者对社会发展的责任和义务。**综合实验**,目的是引导学生将所学化学理论融汇贯通并且将理论知识与解决实际问题相结合,解决实际的化学问题。

本教材主要供师范类院校和综合类院校化学专业和应用化学专业本科生使用,也可作为理工科相关专业元素化学实验教材。

本教材由华东师范大学化学系张其颖副教授、王麟生教授、陈波博士编写。

本教材是在化学系陆根土副教授《无机化学实验》讲义的基础上编写的,陆老师从事基础化学实验教学几十年,积累了丰富的教学经验,对本书成书给予很大帮助,借本书出版机会对陆根土老师表示诚挚的谢意!

本教材在编写过程中得到了汤沛民副教授、乐翠娣副教授和化学系丁先泉、吴岚老师的帮助;于振炎教授、潘教麦教授也提出许多宝贵意见;我们的学生邬兆宇、刘小丹、周烨明、包烨、刘念平、吴晓芳、李惠霞、杨茜、周琳、李强、刘甜等研究生也参加了部分工作,在此一并表示感谢!

由于编者学识水平有限,书中不当之处恳请专家和读者们提出宝贵意见。

编者
2006 年 9 月

目 录

1 绪 论

- 1 一、无机化学的发展进程及元素化学
- 2 二、化学实验的重要性及元素化学实验的地位和作用
- 3 三、元素化学实验的学习方法

第一篇 化学原理实验

- 7 实验一 气体常数的测定
- 12 实验二 化学反应热效应的测定
- 17 实验三 化学反应速率及活化能测定
- 27 实验四 碘化铅溶度积和溶解热的测定
- 30 实验五 醋酸电离度和电离常数的测定
- 34 实验六 磺基水杨酸铁配合物的组成及稳定常数的测定

第二篇 元素化学实验

41 第一章 p 区非金属元素(包括两性元素 Al)

- 41 实验七 卤素
- 45 实验八 氧和硫
- 49 实验九 氮
- 53 实验十 磷和磷酸盐
- 56 实验十一 硼铝和碳硅

60 第二章 主族金属和 ds 区金属元素(包括半金属元素 As 与两性元素 Sb)

- 60 实验十二 碱金属和碱土金属
- 65 实验十三 砷、锑、铋
- 68 实验十四 锡和铅
- 71 实验十五 铜、银、锌、镉、汞

75 第三章 第一过渡系元素

- 75 实验十六 钛和钒
- 79 实验十七 铬与锰
- 84 实验十八 铁、钴、镍

第三篇 无机物制备

91 第一章 无机物制备基本操作

91 实验十九 试剂级氯化钠的制备

94 实验二十 碳酸钠制备和氯化铵回收

97 实验二十一 试剂级氢碘酸的制备与检测

99 第二章 从矿石类原料制备无机化合物

99 实验二十二 由铬铁矿制备重铬酸钾

102 实验二十三 由钛铁矿制备二氧化钛

105 实验二十四 由软锰矿制备高锰酸钾

108 第三章 非水溶剂及无水无氧条件制备无机化合物

108 实验二十五 四碘化锡的制备

111 实验二十六 醋酸铬(Ⅱ)水合物的制备

113 实验二十七 二茂铁的制备及检测

116 第四章 高温反应制备无机化合物

116 实验二十八 氮化硼的制备

119 实验二十九 无水三氯化铬的制备及性质

第四篇 应用化学实验

125 实验三十 水中溶解氧(DO)的测定

127 实验三十一 化学沉积法制备金属膜电阻器

131 实验三十二 活性炭的制备与检测

133 实验三十三 CuCl 的制备及催化苯环膦酸化反应

第五篇 综合实验

137 实验三十四 碘酸钾的制备与分析

140 实验三十五 三氯化铬(Ⅲ)水合异构体的制备与检测

143 实验三十六 12-钨硅酸的制备与分析

146 实验三十七 由铁屑出发制备某些含铁化合物

附录部分

- 155 附录一：实验室安全条例
- 158 附录二：实验室常用玻璃仪器
- 161 附录三：无机化学实验室三级试剂供储系统管理办法
- 163 附录四：常用酸、碱溶液的浓度(298K)
- 164 附录五：某些特殊试剂的配制
- 166 附录六：常用溶剂的性质和应用
- 167 附录七：实验室常用干燥剂
- 169 附录八：不同温度下水的饱和蒸气压(单位：kPa)
- 170 附录九：标准电极电势表
- 177 附录十：微溶化合物的溶度积(18~25℃, I=0)
- 180 附录十一：常见沉淀物的 pH
- 181 附录十二：常见配离子的稳定常数
- 182 附录十三：弱酸、弱碱在水中的解离常数
- 184 附录十四：常用缓冲溶液的 pH 范围
- 185 附录十五：常见无机物溶解性表
- 188 附录十六：化合物相对分子质量表
- 191 附录十七：实验报告示例

绪 论

一、无机化学的发展进程及元素化学

无机化学是化学科学最重要的分支之一。质量守恒定律、原子分子学说和元素周期律奠定了无机化学的理论基础,无机化学是以元素周期系和物质结构理论来研究除了碳以外的化学元素及其化合物的性质、结构和应用的科学。相对于化学的其他分支,无机化学是一个最为古老的化学分支学科,因为在形成各分支学科之前,化学所研究的内容基本上都是无机化学的内容。纵观化学学科的发展历史,不难看出,化学的研究一直没有离开过元素及其化合物,它们是化学研究的主要对象,又是化学理论的载体。中国古老的炼丹术、阿拉伯的炼金术和 15、16 世纪欧洲的医药化学是化学学科的“萌芽”阶段。近代化学的孕育和发展是从英国化学家波义耳(R. Boyle, 1627~1691)开始的,他彻底摒弃了古代物质观中的元素论,为化学元素做出了科学的定义——“我指的元素应当是某些不由任何其他物质所构成的原始的和简单的物质或完全纯净的物质”。虽然波义耳的元素定义与现代化学中的“化学元素”概念还相差甚远,但比之中国古代的“五行”说及亚里士多德的“四元素”论等古代物质观,是一个质的飞跃,恩格斯指出,“波义耳把化学确立为科学”,从此化学科学的发展进入了新元素的不断发现和元素单质及化合物的组成和性质研究的近代化学时期。18 世纪,人们发现了锰、铬、钼、铌、钒等矿物元素和氢、氮、氧、氯等气态元素,计 19 种;进入 19 世纪,被发现的元素达到 51 种之多。随着越来越多的元素被发现,元素单质和化合物的性质也得到了广泛而深入的研究,在这个过程中,化学的理论也应运而生,如道尔顿(J. Dalton)的原子-分子论等。1869 年,俄罗斯科学家门捷列夫提出了元素周期律并随后发表了第一张元素周期表,为系统研究元素和化合物的性质、预言新元素的发现和性质提供了理论工具。元素周期律的提出可以说是无机化学在近代发展时期中在理论上所取得的最大成果,对以后整个化学学科的发展有着普遍的指导意义。1893 年,维尔纳提出了配位化学学说,建立了配位化学的基础,进一步推动了无机化学的发展。

然而在这以后的大约半个世纪里,无机化学却进入了一个发展缓慢的时期,缺乏新的理论,没有突破性的进展。20 世纪 50 年代以来,随着科学技术的飞速发展,无机化学重新进入了一个发展的高潮期。对各种特殊用途的新材料的需求,促进了无机合成研究工作;各种粒子加速器的建造,则推动了超铀元素的合成。实验手段的更新,各种光谱和波谱技术的广泛应用,周期系理论、原子分子结构理论、配位化学理论等获得了新的显著的发展,使无机化学在理论上日趋成熟;特别是与有机化学、生物化学、材料科学等学科相互融合而形成的一系列边缘分支学科,已经成为无机化学中极其活跃的新兴研究领域。到 20 世纪末,已发现的化学元素已有 113 种,已知的化合物的种类已达两千多万种。

元素及其化合物的性质、结构、制备及应用更是现代无机化学研究的核心内容。现代无机化学的发展具有以下特点:

(1) 金属元素和由非金属元素形成的配体结合形成的配合物成为最重要的无机化合物。

(2) 无机材料的研究与开发应用使无机化学与现代科学技术融为一体。

(3) 各种新型化合物的发现以及对无机化合物的结构和反应机理的研究成为现代无机化学发展的重要标志。

(4) 无机化学和其他学科相互交叉、融合而形成的一系列边缘分支学科,已经成为无机化学中极其活跃的新兴研究领域和发展前沿。

元素化学实验包括元素性质实验和元素及其化合物的制备实验。作为无机化学的重要组成部分,元素化学以元素周期律和其他基本化学理论为指导,以元素及其化合物的性质、结构和制备为主要研究内容。化学物质的性质是由它的特定结构所决定的,而物质的性质又决定了它在自然界中的存在状态、制备途径、分离方法和应用价值。因此,学习元素化学就是要掌握周期系变化的规律性,了解元素和化合物性质的变化规律,研究重要元素及其化合物的性质和重要反应,学习元素单质及其化合物的制备方法和实验技术。化学家凭借着手中的一百多个化学元素,发现和合成了上千万种化合物,这些新物质的制备和应用是人类社会向前发展的物质基础。因此一些经典的和新型化合物的制备与应用是元素化学不可缺少的内容。另外学习化合物的制备、分析及应用需要了解物质的性质、结构和反应等各方面的知识,而这是一个综合的训练过程。

二、化学实验的重要性及元素化学 实验的地位和作用

“哲学家解决问题的方法是用辩论,而自然科学家解决争论是用实验。”因发现 γ 粒子而获得1976年诺贝尔物理学奖的科学家丁肇中,在瑞典皇家科学院举行的颁奖宴会上指出:“事实上,自然科学理论不能脱离实验的基础,特别是,物理学是从实验产生的。”一切自然科学的研究都离不开实验,化学尤其如此,它是一门建立在实验基础上的科学。同物理学一样,化学也是从实验中产生的,即使发展到今天,一切化学理论、假说、推理都必须通过实验来验证;新元素的发现、新化合物的合成,都必须借助实验来实现;化学反应过程的机理探讨,化学反应中物质结构和性质的改变,也必须通过实验来研究。可以这样说,离开实验,就没有化学科学的发展。化学学科的形成与发展的各个阶段都离不开人类大量的实验和丰富的实践活动,现代化学正经历着从宏观到微观、从描述到推理、从定性到定量、从静态到动态的发展过程,进入了理论与实践并重的阶段,但这丝毫没有降低实验在化学发展中的重要性,因为化学学科发展的最终目的是发展生产力,而化学实验正是化学学科与生产力发展的结合点。

曾经统治了化学界一百多年的“燃素”说,就是因为无法解释为什么金属在燃烧时失去了“燃素”,但燃烧结果反而是质量增加的实验事实,使它最终被人们抛弃了。英国物理学家曼利,用两种方法制取氮气:一种是从空气中除去氧气、二氧化碳和水蒸气后得到氮气,另一种是从亚硝酸铵分解制取氮气,得到的两种气体密度仅相差 0.0065 g/L ,后来英国化学家雷姆赛就在这个实验的基础上发现了新元素——氩。氧分子的三电子 π 键结构就是建立在磁性测

定的实验基础上的。美籍华裔化学家李远哲和其他两位科学家由于开创化学反应动力学的新领域而荣获了 1986 年诺贝尔化学奖,他们对化学动力学的发展是基于红外化学发光实验以及创建了分子束碰撞仪精密地测量和分析化学反应的详细过程的结果。类似的事实在化学发展史上可以说是不胜枚举,据统计在整个诺贝尔化学奖中,因实验研究工作而获奖的约占全部获奖数的 82%,从这里也可以看出实验在现代化学发展中的重要性。

在化工生产中,实验过程更是无法取代的。许多实际的化工生产过程,由于反应过程中各种反应条件如温度、热量、压力以及物质状态的变化具有瞬时的特性,即使是在实验室小试的基础上也不是简单放大就可以直接应用于实际生产过程的,而必须通过严格的中试实验。

化学实验课与化学理论课均是实施化学教育的不可缺少的方式,化学科学的特点决定了化学实验在化学发展和化学教学中的重要性。化学实验不仅在化学知识的传授中发挥着重要作用,而且在培养学生掌握科学方法和科学精神,发展实践能力和创新意识,提高意志、品质和毅力等方面具有不可替代的作用,在全面提高学生的科学素质方面发挥着重要的作用。

在实验教学中,我们还必须进一步重视教学方式的改进,要减少验证性实验,增加探索性实验,在化学实验中对对学生进行挫折教育。我们往往希望学生实验一次成功,不会失败,反映在实验指导上讲得太多,管得太细,而学生缺少了思考和探索的机会,实际上这既不符合科学发展和人类认知的规律,也不利于学生意志品质的培养。失败是成功之母,在某种意义上,从失败中接受的教训对认识事物发展的规律更有其特殊意义。当然,实验中的安全是必须注意的。

元素化学实验是与“无机化学”配套的一门实验化学课程,也是化学专业实验教学体系的重要组成部分,是化学专业学生必修的一门实验课程。在化学专业传统的课程体系中,无机化学实验包括元素性质实验部分和基础化学实验部分。新的课程体系使“无机化学”理论课程和实验课程从传统的无机化学课程体系中独立出来,以元素部分为重点,以化学基本原理为基础研究元素及其典型化合物的结构、性质和制备方法。元素化学实验课程吸取了原无机化学实验中性质实验部分的内容(其他部分放在《现代化学实验基础》课程中学习)并加以充实和完善;强化了制备实验并使之成为元素化学实验的主要内容;增加了关于元素化学知识的应用性和综合性实验。元素化学实验课程的目的是通过实验教学使学生系统地掌握化学元素及其化合物的基本性质和基本化学反应以及典型的和新型的无机化合物的制备原理和实验技术,培养学生敏锐的观察能力以及利用元素化学知识和化学原理分析解决实际问题的能力。

现代科学技术的发展表明:化学的发展越来越显示出如下的特点:一方面,化学在现代科技发展中的作用越来越突出,高新技术产业的发展越来越离不开化学;另一方面,化学的发展也必须与其他学科相结合并依赖其他学科的发展。元素化学的知识已经渗透到环境科学、生命科学、材料科学、能源科学等领域的各个方面,这就要求我们的化学实验必须向多学科、应用性和综合性的方向发展,与正在迅速发展的科技应用结合。多安排一些应用性、综合性的实验,引导学生去注意和研究身边的化学问题和科学技术发展的前沿问题,这不仅可以提高学生学习化学的兴趣,扩大学生的知识面,也可以使学生感受到作为一个化学工作者对社会发展的责任与价值。

三、元素化学实验的学习方法

学生应该重视化学实验课的学习,在实验课上验证、充实和巩固所学的化学理论,了解这

些理论和规律应用时的具体条件,掌握化学实验的基本方法和操作技术,培养观察、测量、分析、判断、计算和使用仪器的能力,训练科学方法和思维能力,为今后从事化学和化工工作打下坚实的基础。

在实验教学中,学生应该重视整体实验能力的提高和基本实验素质的培养:包括实验资料的检索,实验材料的准备,实验中的规范操作和观察能力的培养以及实验数据的正确记录和处理,实验结果的分析等。

在元素化学实验课上,应该培养学生正确掌握的基本实验方法和操作技术的能力如下:

- (1) 能按照实验步骤进行实验;
- (2) 正确的基本操作方法;
- (3) 实验设计能力,包括方法的选择、组合、修改;
- (4) 观察、测量、分析、判断能力;
- (5) 根据实验选择适合的仪器、试剂,探索反应条件的能力;
- (6) 处理数据及表示结果(图、表、文字)的能力;
- (7) 对实验结果进行评价(如误差分析)并提出改进建议的能力;
- (8) 工作条件的有序性。

元素和化合物知识包含着大量的化学反应方程式及众多化学事实,内容不仅庞杂枯燥,而且抽象难懂,在学习中,既要重视理论的学习,掌握它们的通性和特性,更要重视实验,通过自己做实验来了解和总结各种元素和化合物的化学性质、结构、制备原理、检测方法和手段。学会在实验中提出问题、分析问题和解决问题。

例如,元素性质实验中正确观察十分重要,化学反应条件不同,温度、浓度、酸度、介质、催化剂,甚至反应物之间量的关系,反应物加入的次序都会影响实验结果,都会产生不同的现象。元素化学实验,现象丰富多变,实验中出现的每一个现象都有其原由,都要加以“追究”,不可轻易放过。要学会在实验中发现、分析问题、解决问题。只有通过细致观察,仔细记录实验现象、测定的数据和发现的问题,才能更深入地理解和掌握元素及化合物的性质知识和反应规律。

化合物的合成和制备是一个复杂的过程,并不是根据化学反应方程式反应就一定能得到目标化合物,反应物的数量比例、性质及状态、反应条件、产物的分离和提纯以及反应的合理性等都影响到反应的产物和结果,在实验过程中要培养独立工作和勤于思考的习惯,要实事求是,特别是当实验现象和结果与理论不一致的时候,要善于思考,分析原因,不能简单地随意改动实验数据,否则既违反了实事求是的科学精神,也很可能错过发现的机会。

戴安邦先生曾经说过:“学生在实验室里的学习工作应该像化学家在实验室里做研究工作一样。”通过元素无机化学实验,培养学生独立思考 and 独立工作的能力。学生应联系课堂教学的知识,独立地准备实验进行实验,细致地观察和分析实验现象,并得出应有结论,从而增强将所学知识应用到实际工作中去的能力。培养准确、细致、整洁等良好的研究工作习惯和科学思维方法,培养尊重科学、实事求是、追求真理、不断创新的科学精神和科学品德。

第一篇

化学原理实验

在学习无机化学的过程中,化学基本原理的学习和应用对掌握元素和化合物的性质起着指导性的作用。气体状态理论,热力学和动力学理论,无机化学四大平衡理论等的学习和实验,有利于加深对无机化学基础理论的理解,有利于加深对元素和化合物性质的规律性认识,是无机化学实验中的一个重要方面。本篇安排了六个实验,包括气体常数的测定,化学反应热效应的测定,化学反应速率及活化能的测定,碘化铅溶度积和溶解热的测定,醋酸电离度和电离常数的测定和磺基水杨酸铁配合物的组成及稳定常数的测定。

这些实验一般都是定量实验,有的还要用到一些比较精密的仪器,比如 pH 计、分光光度计等,这对于培养学生的基本操作,实验技巧和科学态度,特别是培养学生对实验中“量”的概念的确定是十分重要的。要做好这些实验,要求学生必须在学好书本上化学理论的同时又要很好地完成实验,两者都不能偏废。

实验一 气体常数的测定

【预习要求】

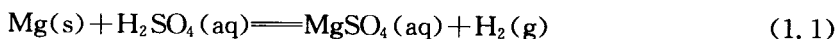
1. 分压的概念、分压定律、气体状态方程式；
2. 设 Zn-Al 合金样品中 Zn 的质量分数为 89%，Al 的质量分数为 11%，合金样品的质量为 0.060 0 g， $p=101.325\text{ kPa}$ ， $T=298.15\text{ K}$ 。计算样品与盐酸反应产生的氢气体积；
3. 分析天平的使用和维护；
4. 有效数字的定义及计算规则。

一、实验目的

1. 学习测定气体常数的原理与方法；
2. 学习电子天平的称量及气压计的使用方法。

二、实验原理

在理想气体状态方程式 $pV = nRT$ 中，气体常数 $R = pV/nT$ 。

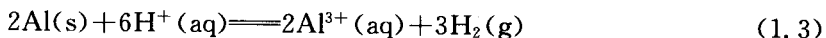
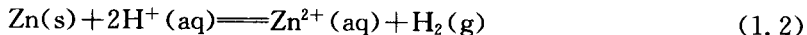


如果精确称取一定质量的 Mg 与过量的稀 H_2SO_4 反应，则在一定温度和压力下，可以测出反应所放出氢气的体积，实验时的温度和气压可以分别由温度计和气压计测得，由于氢气是在水面上收集的，混有水蒸气。在实验温度下水的饱和蒸气压 $p_{\text{H}_2\text{O}}$ 可在手册上查出。

根据分压定律，氢气的分压可由下式求得： $p = p_{\text{H}_2} + p_{\text{H}_2\text{O}}$ ，即 $p_{\text{H}_2} = p - p_{\text{H}_2\text{O}}$ 。

将上面所得各项数据代入 $R = pV/nT$ 式中即可算出 R 值。

测定 Zn-Al 合金的组成时必须明确：反应中所产生的氢气的量与合金样品中 Zn、Al 的含量有关。反应式如下：



根据(1.2)式，1.00 g Zn 可产生 0.015 3 mol H_2 ，根据(1.3)式，1.00 g Al 可产生 0.055 6 mol H_2 ，设 Zn-Al 合金样品的质量为 m ，其中含 Zn 的质量分数为 $x\%$ ，含 Al 的质量分数为 $(100-x)\%$ ，产生氢气的量为 n ，则有下列关系：

$$n = m \times x\% \times 0.0153 + m \times (100-x)\% \times 0.0556$$

由此得，

$$\text{Zn 的质量分数} = x\% = (5.56 - 100n/m)/4.03$$

$$\text{Al 的质量分数} = 1 - x\%$$