



普通高等教育“十三五”规划教材

简明大学化学实验

主 编 王凤彬 芦昌盛



南京大学出版社



普通高等教育“十三五”规划教材

简明大学化学实验

主 编 王凤彬 芦昌盛
副主编 刘 斌 马海凤 田笑丛

微信扫码



学习交流群



线上资源



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

简明大学化学实验 / 王凤彬, 芦昌盛主编. —南京:
南京大学出版社, 2019.5

ISBN 978 - 7 - 305 - 22169 - 9

I. ①简… II. ①王… ②芦… 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(2019)第 088147 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号 邮编 210093

出 版 人 金鑫荣

书 名 简明大学化学实验

主 编 王凤彬 芦昌盛

责任编辑 甄海龙 蔡文彬 编辑热线 025 - 83592146

照 排 南京理工大学资产经营有限公司

印 刷 南京理工大学资产经营有限公司

开 本 787×960 1/16 印张 14.5 字数 266 千

版 次 2019 年 5 月第 1 版 2019 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 305 - 22169 - 9

定 价 36.00 元

网 址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

微信服务号: njyuxue

销售咨询热线: (025)83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前言

2017年,南京大学对化学专业学生培养体系进行改革,将其改为按照化生大类(包括化学、生物、环境科学等)进行招生和平台课程训练与培养;在同一时期,也有国内兄弟院校在开展各种形式的大类招生和相应教学改革,这种变化给实验教学带来了新的机遇和挑战。

从学生受众看,原有的大学化学实验课程须从培养“化学专业”学生扩展到“化生大类”学生;从培养目标看,应该相应地从“专业培养”向“大类培养”过渡,即减弱课程的专业知识和专业技能的比重,同时加大实践意识和实验兴趣的培养。

根据2016年9月教育部发布的《中国学生发展核心素养》的预设目标,我们认为大学化学实验课程的主体思路,是培养本科新生的化学核心素养;对于低年级本科生而言,则偏重在基本知识、基本技能以及实践精神与态度方面。尤其是后者,它包括规整、审慎、精确、周密、客观、定量、存疑、环保、团队合等,对于学生的“科学精神”“实践创新”“学会学习”“终身学习”等可持续性发展目标有决定性的影响。因此,我们决定编写一本适用于“泛”化学专业以及非化学专业(一年级)学生所需的大学化学实验简明教材。

本教材较为细致地对化学实验室安全守则、常用简单实验器材、基本实验操作和化学分析方法、实验数据的记录和处理等方面进行了阐述和演示,并配合视频教学等数字资源。

在本书编写过程中,王凤彬组织编写了书稿的主体部分,刘斌、田笑丛、马海凤完成了实验室安全守则和附录内容的采写与汇编,芦昌盛与王凤彬共同完成了对全书的编排与完善。

2019年4月7日

目 录

绪 论	1
一、大学化学实验的目的	1
二、化学实验的学习方法	1
三、化学实验规则	5
四、实验室的安全	6
五、实验室的三废处理	8
第一章 基础知识与基本操作	10
一、实验室公用仪器与设备	10
二、纯水的制备及检定	14
三、化学试剂的规格及取用	16
四、标准物质和标准溶液	17
五、常用仪器的洗涤与干燥	19
六、加热与冷却	21
七、固液分离方法	23
八、滤纸、滤器及其应用	25
九、试纸的使用	27
十、量器及其使用	29
第二章 分析天平和光、电仪器的使用	38
一、分析天平及其使用	38
二、pH 计的使用	41
三、分光光度计的使用	44



四、电导率仪的使用	47
第三章 实验结果的表示	51
一、误差的分类	51
二、误差的表示方法	52
三、数据的取舍	54
四、有效数字	56
五、实验数据的表示方法	58
第四章 无机物制备基础	60
4.1 五水硫酸铜的制备	60
4.2 硫酸亚铁铵的制备	63
4.3 粗盐的提纯	66
4.4 碳酸钠的制备	69
第五章 称量和滴定操作练习	72
5.1 分析天平称量练习	72
5.2 盐酸标准溶液的配制和标定	76
5.3 氢氧化钠标准溶液的配制和标定	79
第六章 定量分析实验	82
6.1 铵盐中氮含量的测定	82
6.2 阿司匹林药片中乙酰水杨酸含量的测定	85
6.3 EDTA 标准溶液的配制与标定	88
6.4 水样总硬度的测定	91
6.5 胃舒平药片中铝和镁的测定	94
6.6 高锰酸钾标准溶液的配制与标定	96
6.7 补钙制剂中钙含量的测定	99
6.8 消毒水中过氧化氢含量的测定	101



6.9	水中化学需氧量(COD)的测定	103
6.10	铁矿中铁的测定(无汞定铁法)	106
6.11	硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定	109
6.12	铜合金中铜的测定	112
6.13	葡萄糖含量的测定——碘量法	115
6.14	漂白粉中有效氯的测定——间接碘量法	117
6.15	生理盐水中氯化钠含量的测定(银量法)	119
6.16	邻二氮菲分光光度法测定微量铁	122
第七章	化学原理及物理量测定	126
7.1	摩尔气体常数(R)的测定	126
7.2	过氧化氢分解速率与活化能的测定	130
7.3	醋酸电离度和电离常数的测定(pH法)	134
7.4	碘酸铜溶度积的测定	136
7.5	能斯特方程与条件电势	139
7.6	磺基水杨酸合铁配合物的组成及稳定常数的测定	143
第八章	综合性实验	146
8.1	饮料中维生素 C 和柠檬酸含量的测定	146
8.2	二草酸合铜酸钾的制备和组成测定	150
8.3	铁的草酸盐配合物的制备及其组成测定	152
8.4	葡萄糖酸锌的制备及锌含量测定	156
8.5	由废旧易拉罐制明矾及其纯度测定	158
8.6	三氯化六氨合钴(III)的制备及组成测定	161
8.7	Stober 法制备 SiO_2 微球及其粒度分析	166
8.8	溶胶凝胶法制备 TiO_2 纳米粉体	168
8.9	茶叶中咖啡因的提取	172
第九章	研究式实验	176
9.1	研究式实验的思路与要求	176



9.2 设计研究式实验的指导	178
9.3 研究式实验的推荐课题	184
附 录	185
一、标准电极电势表	185
二、弱电解质的电离常数	189
三、配离子的稳定常数	191
四、氨羧配位剂类配合物的稳定常数	192
五、溶度积常数(298 K)*	193
六、市售酸碱试剂的质量分数和相对密度	196
七、常用指示剂	197
八、常用缓冲溶液的配制	201
九、常见化合物的相对分子质量	203
十、常见离子的定性鉴定方法	205
十一、常见离子和化合物的颜色	218
十二、某些氢氧化物沉淀和溶解时所需的 pH	219
十三、水的饱和蒸气压	220
主要参考文献	222

绪 论

一、大学化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的科学,化学中的定律和学说都源于实验,同时又为实验所检验。因此,化学实验在培养未来化学工作者的大学教育中,占有特别重要的地位。大学化学实验是学生在大学阶段的第一门化学实验课,通过参与实验,学生应该达到以下学习目的:

- (1) 能规范、熟练地掌握无机及分析化学实验的基本操作、基本技术。
- (2) 充分运用所学的无机化学、化学分析的基本理论、基本知识指导实验。
- (3) 通过实验了解无机物的一般分离、提纯和制备方法,了解确定物质组成、含量和结构的一般方法。
- (4) 掌握常见工作基准试剂的使用,常用的滴定方法和指示剂的使用。
- (5) 确立严格的“量”的概念,并学会运用误差理论正确处理数据。
- (6) 通过循序渐进的实践,培养学生分析问题、解决问题的独立工作能力。
- (7) 培养严谨的科学态度,实事求是、一丝不苟的科学作风以及良好的实验素养;培养科学工作者应有的基本素质。

二、化学实验的学习方法

学好大学化学实验,不仅要有正确的学习态度,还要有正确的学习方法。正确把握实验的四个环节。

1. 预习

预习是做好实验的前提和保证,预习工作可以归纳为看、查、写。

(1) 看 认真阅读本书有关章节、有关教科书及参考资料;上网查阅相关实验的文字与视频材料。明确实验目的,了解实验原理;熟悉实验内容、主要



操作步骤及数据的处理方法;提出注意事项,合理安排实验时间;了解相关的基本操作与仪器的使用。

- (2) 查 通过查阅有关手册或网络资源,列出实验所需的物理化学数据。
- (3) 写 在“看”和“查”的基础上认真写好预习报告。

2. 实验

(1) 按拟定的实验步骤独立操作,既要大胆,又要细心,仔细观察实验现象,认真测定数据,并做到边实验、边思考、边记录。

(2) 观察的现象,测定的数据,要及时、如实地记录在报告本上。原始数据不得涂改,如有记错可在原始数据上划一道杠,再在旁边写上正确值。

(3) 实验中要勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题。碰到疑难问题,可查资料,亦可与教师讨论,获得指导。

(4) 如对实验现象有怀疑,在分析和查原因的同时,可以做对照试验、空白试验,或自行设计实验进行核对,必要时应多次实验,从中得到有益的结论。

(5) 如实验失败,要查找、分析原因,经教师同意后可重做实验。

3. 实验后

做完实验仅是完成实验的一半,余下更为重要的是分析实验现象,整理实验数据,把直接的感性认识提高到理性思维阶段。要做到:

(1) 认真、独立完成实验报告。对实验现象进行解释,写出反应式,得出结论,对实验数据进行处理(包括计算、作图、误差表示)。

(2) 分析产生误差的原因;对实验现象以及出现的一些问题进行讨论,敢于提出自己的见解;对实验提出改进的意见或建议。

4. 实验报告

大学化学实验大致可分为制备、定量、性质、定性分析四大类,不同类型的实验,报告格式不尽相同。要求按一定格式书写,字迹端正,叙述简明扼要,实验记录、数据处理使用表格形式,作图图形准确清楚,报告整齐清洁。实验报告的书写一般分三部分:

预习部分(实验前完成):按实验目的、原理、步骤(简明)几项书写。

记录部分(实验时完成):包括实验现象、测定数据,这部分称原始记录。

结论部分(实验后完成):包括对实验现象的分析、解释、结论,原始数据的处理、误差分析,讨论等。



实验报告模板

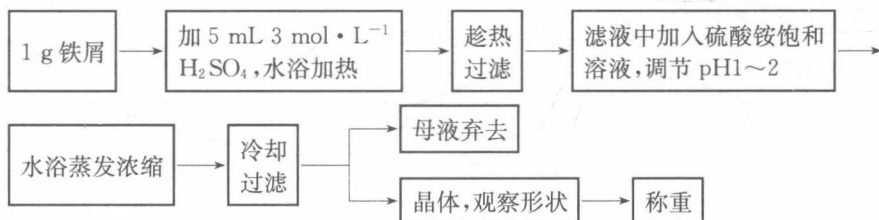
1. 制备实验

硫酸亚铁铵的制备

一、实验目的(略)

二、原理(略)

三、实验步骤



四、记录

1. 实验现象

2. 产量

理论产量 _____ g

计算过程

粗产品质量 _____ g, 产率 = _____ %

3. 产品等级 _____ 级

2. 定量测定实验

摩尔气体常数(R)的测定

一、实验目的(略)

二、原理(略)

三、实验步骤(略)

四、数据记录及处理

序 号	1	2	3
镁条质量 m/g			
反应后量气管液面位置/mL			
反应前量气管液面位置/mL			
氢气体积 $V(H_2)/mL$			



续 表

序 号	1	2	3
室温 T/K			
大气压 p/Pa			
T 时的饱和水蒸气压 $p(\text{H}_2\text{O})/\text{Pa}$			
氢气分压 $p(\text{H}_2)/\text{Pa}$			
摩尔气体常数 $R/(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$			
\bar{R} (修约前) $/(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$			
s			
T			
\bar{R} (修约后) $/(\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$			
准确度 $\left(\frac{R_{\text{测}} - R_{\text{理}}}{R_{\text{理}}} \times 100\%\right)$			

摩尔气体常数的计算公式 $R =$

理论值 $R_{\text{理}} =$

标准偏差 $s =$

统计量 $Tn =$

铁矿(或铁粉)中铁的测定

一、实验目的(略)

二、原理(略)

三、实验步骤(略)

四、数据记录与处理

序 号	1	2	3
铁粉质量 /g			
$m(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) / \text{g}$			
$C(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) / \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$			
初读数 $V_1(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) / \text{mL}$			



续表

序号	1	2	3
终读数 $V_2(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)/\text{mL}$			
$\Delta V(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)/\text{mL}$			
$\omega(\text{Fe})\%$			
$\bar{\omega}(\text{Fe})\%$ (修约前)			
s			
计算 T			
$\bar{\omega}(\text{Fe})\%$ (修约后)			

计算公式 $C(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) =$

$\omega(\text{Fe}) =$

五、讨论与分析

三、化学实验规则

- (1) 实验前应认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理和方法。
- (2) 实验时要遵守操作规则,遵守一切必要的安全措施,保证实验安全。
- (3) 遵守纪律,不迟到、不早退,保持室内安静,不要大声谈笑。
- (4) 使用水、电、煤气、药品时都要以节约为原则,对仪器要爱护。
- (5) 实验过程中,随时注意保持工作环境的整洁。实验完毕后洗净、收好玻璃仪器,把实验桌、公用仪器、试剂架整理好。

(6) 实验中要集中注意力,认真操作,仔细观察,将实验中的一切现象和数据都如实记在报告本上,不得涂改和伪造。根据原始记录,认真处理数据,按时写出实验报告。

(7) 对实验内容和安排不合理的方面提出改进的方法。对实验中的一切现象(包括反常现象)进行讨论,并大胆提出自己的看法,做到生动、活泼、主动地学习。

(8) 实验后由同学轮流值日,负责打扫和整理实验室。检查水、电、煤气、门窗是否关好,以保证实验室的安全。

(9) 尊重教师的指导。



四、实验室的安全

化学实验时,经常使用水、电、煤气、各种药品及仪器,如果马马虎虎,不遵守操作规则,不但实验会失败,还可能造成事故(如失火、中毒、烫伤或烧伤等)。出了事故,不但国家财产受到损失,还会损害人的健康。因此我们必须思想上重视安全问题,必须遵守操作规则,避免事故的发生。

1. 实验室的安全规则

(1) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性,用时要小心,不要把它洒在皮肤和衣服上。稀释浓硫酸时,必须把酸注入水中,而不是把水注入酸中。

(2) 有机溶剂(如乙醇、乙醚、苯、丙酮等)易燃,使用时一定要远离火焰,用后应把瓶塞塞严,放在阴凉的地方。

(3) 制备具有刺激性的、恶臭的、有毒的气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 SO_2 、 Br_2 等),或进行能产生这些气体的实验,以及加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸,溶解或消化试样时,应该在通风橱内进行。

(4) 氯化汞和氰化物有剧毒,不得进入口内或接触伤口。氰化物不能碰到酸(氰化物与酸作用放出氢氰酸)。砷酸和钡盐毒性很强,不得进入口内。

(5) 用完煤气或煤气供应临时中断时,应立即关闭煤气龙头。如遇煤气泄漏,应停止实验,进行检查。

(6) 实验完毕后,值日生和最后离开实验室的人员都应负责检查水、电、煤气是否关好,门窗是否关好。

2. 实验室一般事故的紧急处理方法

(1) 消防

消防,应以防为主。万一不慎起火,要沉着快速处理,首先要切断热源、电源,把附近的可燃物品移走,再针对燃烧物的性质采取适当的灭火措施。但不可将燃烧物抱着往外跑。常用的灭火措施有以下几种,使用时要根据火灾的轻重,燃烧物的性质,周围环境和现有条件进行选择。

石棉布:适用于小火。用石棉布盖上以隔绝空气,就能灭火。

干沙土:适用于不能用水扑救的燃烧,但对火势很猛,面积很大的火焰欠佳。

水:是常用的救火物质。若燃烧物与水互溶时,或用水没有其他危险时可



用水灭火。它不适用于有机溶剂着火引起的火灾,因溶剂与水不相溶,又比水轻,水浇上去后,溶剂还漂在水面上,扩散开来继续燃烧。在溶剂着火时,先用泡沫灭火器把火扑灭,再用水降温是有效的救火方法。

泡沫灭火器:药液成分是碳酸氢钠和硫酸铝,是实验室常用的灭火器材。使用时,把灭火器倒过来,喷射起火处。此法不适用于电线走火引起的火灾。

二氧化碳灭火器:内装液态二氧化碳,是化学实验室最常使用,也是最安全的一种灭火器,适用于油脂和电器的灭火,但不能用于金属灭火。

干粉灭火器:主要成分是碳酸氢钠等盐类物质、适量的润滑剂和防潮剂,适用于油类、可燃气体、电器设备等不能用水扑灭的火焰。

四氯化碳灭火器:它不导电,适于扑灭带电物体的火灾。但它在高温时分解出有毒气体,故在不通风的地方最好不用。另外,在有钠、钾等金属存在时不能使用,因为有引起爆炸的危险。

若衣服着火,切不要慌张奔跑,以免风助火势。化纤织物最好立即脱掉。一般小火可用湿抹布、灭火毯等包裹使火熄灭。若火势较大,可就近用水浇灭。必要时可就地卧倒打滚,一方面防止火焰烧向头部,同时在地上压住着火点,使其熄灭。

(2) 实验室一般伤害的救护

① 割伤

先挑出伤口内的异物,然后在伤口抹上碘伏或紫药水后用消毒纱布包扎。也可贴上“创可贴”,能立即止血,且易愈合。

② 烫伤

在伤口处抹烫伤油膏或万花油,不要把烫出的水泡挑破。

③ 受酸蚀伤

先用大量水冲洗,再用饱和碳酸氢钠溶液或稀氨水冲洗,最后再用水冲洗。

④ 受碱蚀伤

先用大量水冲洗,再用醋酸溶液($20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$)或硼酸溶液冲洗,最后再用水冲洗。

⑤ 酸和碱溅入眼中

必须用大量水洗冲,持续 15 min,随后即到医生处检查。

⑥ 吸入溴蒸气、氯气、氯化氢气体

可吸入少量酒精和乙醚混合蒸气。

每个实验室里都备有药箱和必要的药品,以备急用。如果伤势较重,应立即就医。



五、实验室的三废处理

随着社会的发展,科技的进步,化学实验室在各大高校中已经普遍存在。在许多的化学实验过程中,所产生的一些废弃物往往是带有剧毒甚至是有致癌性的污染物,如果处理不当,不但会污染空气、水源和土壤,破坏生态环境,而且还会给人们的健康带来威胁。因此,必须对实验室产生的危险化学废弃物进行妥善处置。

1. 危险化学废弃物的处理原则

根据《废弃危险化学品污染环境防治办法》规定,危险化学品废物的处置实行减少废弃危险化学品的产生量、安全合理利用废弃危险化学品和无害化处置废弃危险化学品的原则。

(1) 减少实验室废弃物的产生

在设计实验时应该尽量减小实验规模,改善实验装置,推广微型实验,有效降低污染废弃物的产生。改进实验方法的设计,尽量使用绿色、无毒、无害的化学药品,减少化学实验步骤,降低废弃物的产生流程和总量。

(2) 回收再利用废弃物

严格规范化实验室化学废弃物的回收,做到所有有毒有害的化学废弃物全部回收。不得将危险废物混入生活垃圾和其他非危险废物中贮存。

(3) 无害化处理危险废物

对危险化学废弃物进行无害化处理,不仅可以避免其对人的危害和环境的污染,还可以节约将危险化学废弃物送到专业厂家进行处理的费用。

2. 危险化学废弃物的处理方法

在处理危险化学废弃物的过程中,往往伴随着有毒气体的产生以及放热、爆炸等危险。因此,处理前必须充分了解废弃物的性质,密切注意反应现象,并对可能出现的意外做好预防工作。

(1) 有毒、有害气体

实验室产生的有毒有害气体必须经过吸附或吸收等方法处理后方可排放。如氯化氢等酸性气体可用稀碱液吸收后,通过通风橱排出室外。

(2) 无机废酸、废碱

无机废酸、废碱一般采用酸碱中和的方法处理。如无机废酸用氢氧化钙溶液或废碱液中和,废碱用盐酸或废酸中和,反应后调节 pH 至中性。



(3) 有机废溶剂

目前实验室有机废液最环保、最经济的做法是实验室自行回收利用。回收提纯一般多采用蒸馏或分馏提纯的方法,通过此种方法回收、提纯的溶剂基本可以再次使用。

(4) 含氰废液

对于少量的含氰废液,可先加氢氧化钠调至 $\text{pH} > 10$,再加入几克高锰酸钾使 CN^- 氧化分解。大量的含氰废液可用碱性氯化法处理。先用碱将废液调至 $\text{pH} > 10$,再加入漂白粉,使 CN^- 氧化成氰酸盐,并进一步分解为二氧化碳和氮气。

(5) 含银废液

向含银废液中加入盐酸调节 pH 为 $1 \sim 2$,得到氯化银沉淀,过滤回收沉淀。

(6) 含砷废液

向含砷废液中,加入氢氧化钙,将 pH 值调节至 8 左右,使其转化为砷酸钙或亚砷酸钙盐的沉淀,加入 FeCl_3 作为共沉淀剂,分离沉淀除去废液中的砷。

(7) 含铬废液

在酸性条件下,通过硫酸亚铁将 Cr^{6+} 还原为 Cr^{3+} ,然后再向废液中加入废碱液或石灰,调节废液 pH 至 10 ,使其生成低毒的 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀,分离沉淀后的清液可排放,沉渣集中处理。

(8) 含汞废液

在实验过程中如果不慎将汞溅落在地上,应立即用吸管、毛笔将汞捡起,收集于瓶中,用水覆盖。散落过汞的地面应洒上硫黄粉,将散落的汞覆盖一段时间,使其生成硫化汞,再设法扫净。向含汞的废液中加入硫化钠,使其生成硫化汞沉淀,调节 pH 至 8 ,然后加入硫酸亚铁作为共沉淀剂,使过量的硫化钠与硫酸亚铁反应生成硫化铁沉淀,硫化铁可吸附悬浮于水中的硫化汞微粒进行共沉淀,分离沉淀。

(9) 含铅、镉废液

向含铅、镉废液中加入氢氧化钙,调节 pH 到 $8 \sim 10$,加入硫酸亚铁作为共沉淀剂,使沉淀完全,分离沉淀。