

高等 学 校 教 材

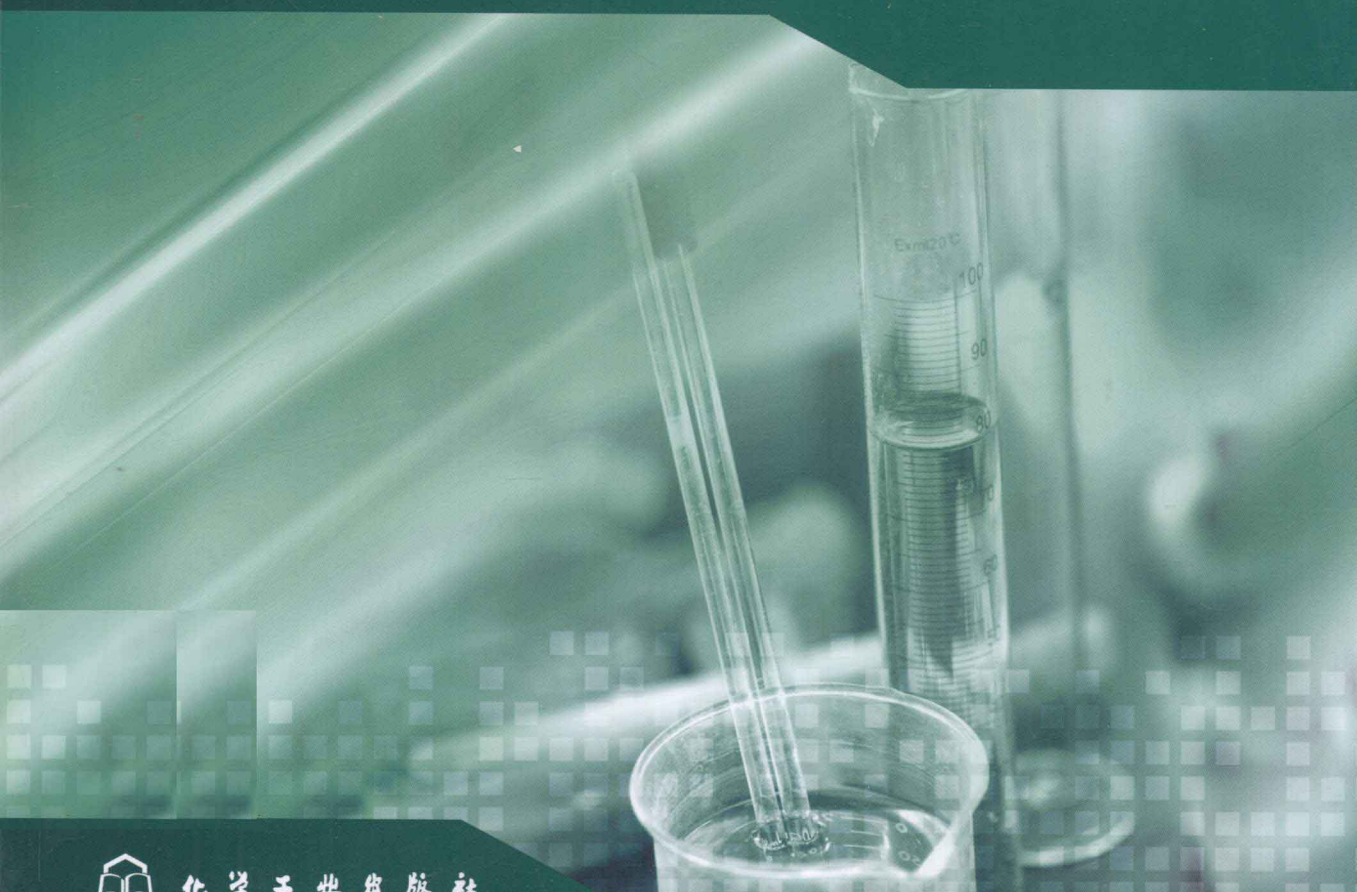
微型

WEIXING
WUJI HUAXUE SHIYAN

无机化学实验

吴茂英 肖楚民 主编

第二版



化学工业出版社

等 学 校 教

微型

无机化学实验

吴茂英 肖楚民 主编

第二版



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

微型无机化学实验/吴茂英, 肖楚民主编. —2 版.

北京: 化学工业出版社, 2012.5

ISBN 978-7-122-13712-8

I. 微… II. ①吴…②肖… 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 (2012) 第 036276 号

责任编辑: 徐雅妮

装帧设计: 关 飞

责任校对: 宋 玮

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13¼ 彩插 1 字数 325 千字 2012 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

本书第一版于2006年出版，由于其实验体系既具有微型实验的一般优点，同时又便于应用实施，并可显著提高实验安排的灵活性和实验室的利用率，特别适用于扩招条件下的教学应用，已被不少兄弟院校采用，现已重印多次。然而，编者在近年的教学实践中逐渐意识到，该书的实验内容偏传统，虽有利于锤炼学生的基本功，但不利于引导培养学生的创新意识和能力。为弥补这一不足，建立一个更为科学的内容体系，编者对本书第一版进行了修订，修订工作包括修改完善原有内容和扩充提升综合与设计性实验两个方面，在此基础上编成了第二版。

本书第二版传承了第一版微型实验体系的特点，同时具有以下新的特色：

(1) 新编的综合与设计性实验是以“既反映学科进展，又可微型化、可实施”为基本原则，同时兼顾实用性、趣味性，从新近报道的研究成果筛选凝练而成，内容涵盖了新材料、新特性、新方法、新技术及新应用，如纳米管、稀土发光、室温固相反应、低热固相合成、微波反应、超声化学、无机环保阻燃剂、无磷洗涤助剂等；

(2) 为便于学生能更充分地了解相关背景和更好地理解实验原理、方法，并引导学生学会查阅资料、跟踪进展，新编实验的指导书中附有基本参考文献；

(3) 为了拓展学生专业视野，新编实验的指导书中还附有旨在简介相关前沿性研究领域或技术方法的“阅读材料”。

编者希望，通过这样的传承和提升，本书第二版将更适合于创新时代无机化学实验的教学。

参加本书第二版编写工作的有吴茂英、肖楚民、陈世荣、阎雁、杨红梅、郝志峰和李永峰。全书由吴茂英修改、统稿并审定。本书的编写获得了广东工业大学轻工化工学院质量工程培育项目经费支持，并得到学院领导的关心和支持，在此致以衷心感谢。

在本书的编写中，参考了国内外有关文献著作和教材，并从中吸取了某些内容，在此特致谢意。

限于编者水平，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2012年2月

第一版前言

20 世纪 80 年代中期, 美国的一些高等院校为解决实验污染和安全问题, 首先研究并尝试开设微型有机化学实验获得成功。进一步的研究和应用实践表明, 微型化学实验不但可有效解决实验污染和安全问题, 而且有利于节约实验费用, 并提高实验教学质量。广东工业大学无机化学教研室于 20 世纪 90 年代中期开始探索无机化学实验的微型化, 经多年教学实践逐步完善, 建立起了独具特色且教学应用效果显著的微型无机化学实验体系。本书是依据这一研究成果整理编写而成的。

本书在选材上既注意实验内容的系统性(包括基本操作训练实验、基本理论及常数测定实验、元素及其化合物性质实验、无机化合物的提纯和制备实验等), 又注意实验形式的多样性(包括综合与设计实验), 并适当加强了现代仪器使用方法方面的实验内容, 力求满足不同专业和层次的教学要求。

本书的主要特点在于, 在保留常规无机化学实验的主要操作规范和确保实验现象明显、实验结果可靠的情况下, 使实验试剂用量平均减少到常规用量的 $1/10$ 左右, 因此明显地降低了实验费用, 减少了实验污染。与此同时, 由于实验精度要求提高, 十分有利于强化学生的动手能力和培养认真细致的科学作风。通过采用本书推荐的仪器装置系统, 无机化学实验用的主要试剂、材料可一次性上架, 既大大减少了实验准备工作量, 又显著提高了实验安排的灵活性和实验室的利用率, 有利于实行开放式实验教学。书中的实验主要使用微型规格的通用仪器, 基本保留了常规实验的操作规范, 既便于应用实施, 又不影响学生在今后实际工作中对常规化学实验或化工生产体系的适应。

本书由吴茂英、肖楚民主编, 李大光、张永祺、韩峭峰、张环华、冯晓之、谭帼馨、郝志峰参加编写。全书由吴茂英统稿, 李大光教授审定。在我们进行无机化学实验微型化研究和本书的编写过程中, 崔英德教授、黄慧民教授给予了大力支持和热情帮助, 在此致以衷心感谢!

在本书的编写过程中, 参阅了国内外有关书刊和兄弟院校的教材, 并从中汲取了某些内容, 在此特致谢意。

限于编者的水平, 书中难免有不妥之处, 恳请读者批评指正。

编 者
2006 年 5 月

目 录

绪论	1
一、本教材实验体系的特点与教学应用效果	1
1. 特点	1
2. 教学应用效果	3
二、无机化学实验的学习要求	4
1. 明确实验目的	4
2. 掌握正确的学习方法	5
附：实验报告格式示例	5
实验室常识	8
一、学生实验守则	8
附：值日生职责	8
二、无机化学实验中的安全操作和事故处理	9
三、化学试剂的规格	10
实验基础知识	11
一、常用仪器介绍	11
二、基本操作技术	17
1. 玻璃仪器的洗涤	17
2. 化学试剂的取用	18
3. 加热方法	18
4. 玻璃加工操作	21
5. 气体的发生、净化、干燥和收集	24
6. 蒸发浓缩与重结晶	26
7. 溶液与沉淀的分离	26
8. 移液管、容量瓶和滴定管	28
9. 用试纸检试溶液及气体的性质	31
10. 试管的使用	31
三、常用精密仪器及其使用方法	32
1. 实验室常用称量仪器	32
2. 25 型酸度计	35
3. pHX-3C 型酸度计	37

4. DDS-11A 型电导率仪	38
5. 721 型分光光度计	38
6. 阿贝折光仪	39
7. 动槽式(福廷式)水银气压表	41
四、误差与数据处理	42
1. 测量中的误差	42
2. 有效数字	46
3. 化学实验中的数据表示与处理	49

实 验 内 容

第一部分 基本操作训练实验	52
实验 1 酒精喷灯的使用、简单玻璃加工和洗瓶的安装	52
实验 2 分析天平的使用及摩尔气体常数的测定	54
实验 3 溶液的配制	55
实验 4 氯化钠的提纯	57
实验 5 硫酸亚铁铵的制备	59
实验 6 酸碱滴定	61
实验 7 水合硫酸铜结晶水的测定	63
第二部分 基本理论及常数测定实验	67
实验 8 化学反应速率、级数与活化能测定	67
实验 9 单、多相离子平衡	69
实验 10 氧化还原反应	73
实验 11 醋酸电离常数的测定	77
实验 12 $I_3^- \rightleftharpoons I_2 + I^-$ 体系平衡常数的测定	80
实验 13 电导法测定硫酸钡的溶度积常数	81
实验 14 分光光度法测定 $[Ti(H_2O)_6]^{3+}$ 、 $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$ 和 $[Cu(NH_3)_6]^{2+}$ 的分裂能	84
实验 15 磺基水杨酸合铁(Ⅲ)配合物的组成与稳定常数的测定	86
实验 16 折射法测定硅酸镁组成	88
实验 17 简单分子(或离子)的结构和晶体结构模型	89
第三部分 元素及其化合物性质实验	92
实验 18 s 区重要化合物的性质	92
实验 19 p 区重要非金属化合物的性质	95
实验 20 p 区重要金属化合物的性质	99
实验 21 d 区重要化合物的性质(一)	103

实验 22	d 区重要化合物的性质 (二)	107
实验 23	ds 区重要化合物的性质	111
实验 24	配位化合物	114
第四部分	提纯、提取和制备实验	118
	无机合成方法简述	118
实验 25	硝酸钾的制备、提纯及其溶解度的测定	121
实验 26	硫酸铜的提纯	123
实验 27	从紫菜中提取碘	125
实验 28	氧化铁黄和铁红的制备	126
实验 29	从“盐泥”制取七水合硫酸镁	128
实验 30	四碘化锡的制备及其最简式的确定	130
实验 31	四氯化锡的制备	132
实验 32	离子交换法制取碳酸氢钠	133
实验 33	高锰酸钾的制备	136
实验 34	六氯合铅 (IV) 酸铵的制备	137
第五部分	综合性实验	140
实验 35	硫代硫酸钠的制备和应用	140
实验 36	三草酸根合铁 (III) 酸钾的合成及性质	141
实验 37	硫酸二氨合锌的制备和红外光谱测定	143
实验 38	$K_3Fe(CN)_6$ 与 KI 的室温固相反应	146
实验 39	低水合硼酸锌的合成与阻燃性能试验	148
实验 40	水滑石的合成与阴离子交换性能	150
实验 41	4A 沸石的合成与阳离子交换性能测定	153
实验 42	过碳酸钠的合成与活性氧含量测定	156
实验 43	聚合氯化铝的制备与净水效果试验	159
实验 44	共沉淀法制备 $ZnO:Eu$ 红色荧光粉	161
实验 45	氢氧化镧和氧化镧纳米管的制备	163
实验 46	无溶剂微波法合成 <i>meso</i> -苯基四苯并卟啉锌	165
第六部分	设计性实验	169
实验 47	离子的鉴定和未知物的鉴别	169
实验 48	氯化铵的制备	170
实验 49	碱式碳酸铜的制备	171
实验 50	纳米氧化锌的制备和紫外-可见吸收特性测定	172
实验 51	由废铁屑制备三氯化铁试剂	174

实验 52	印制电路板酸性蚀刻废液的回收利用	174
实验 53	由废干电池制取氯化铵、二氧化锰和硫酸锌	176
实验 54	无机化学实验废液的初步处理	179
附录		180
附录一	常见离子的鉴定方法	180
1.	常见阳离子的鉴定方法	180
2.	常见阴离子的鉴定方法	188
附录二	常用物理化学常数表	191
1.	不同温度下水的饱和蒸气压	191
2.	不同温度下无机化合物和有机酸的金属盐在水中的溶解度	191
3.	实验室常用酸、碱浓度	193
4.	某些酸、碱的离解常数	194
5.	难溶化合物的溶度积	194
6.	标准电极电势 (298.15K)	197
7.	金属配合物累积生成常数 (离子强度为 0, 温度为 293~298K)	199
附录三	常用酸碱指示剂	202
附录四	特殊试剂的配制	202
参考书目		203

本书常用的玻璃仪器和阶梯式试剂架

元素周期表

绪 论

一、本教材实验体系的特点与教学应用效果

资源的有效利用和环境保护是当前两大世界战略性课题。美国的一些大学在 20 世纪 80 年代率先从这一高度审视了常规化学实验的合理性,掀起了化学实验微型化改造的热潮。本教材编者于 20 世纪 90 年代中期开始探索无机化学实验的微型化,逐步建立起了独具特色且教学应用效果显著的微型无机化学实验体系。至今的教学应用实践充分表明,该微型无机化学实验体系在减少实验试剂消耗、降低实验费用、减轻实验污染、提高实验安排的灵活性和实验室的利用率以及强化学生动手能力和培养认真细致的科学作风等方面均具有非常显著的效果。与此同时,由于其仪器系统主要由微小规格的通用仪器构成,基本保留了常规实验的操作规范,既便于应用实施,又不影响学生在今后实际工作中对常规化学实验或化工生产体系的适应。下面就本教材实验体系的特点与教学应用效果做简要介绍。

1. 特点

(1) 试剂用量

化学实验微型化改造的最基本内容是确定试剂的可能最小用量。从节省试剂、减少废物和污染考虑,试剂用量越少越好。但实际上,无机化学实验试剂用量所能减少的程度是有限的,受到以下因素的制约。

① 用液体取用仪器(如滴管等)取用试剂,其可控制加液量不能少于 1 滴。

② 测量物理量时,由于仪器规格的限制,要求有一定的试剂用量才能有效进行。例如,用酸度计测量溶液 pH 值时,盛放溶液的容器的口径必须足以放入电极,溶液的高度至少要是能浸过玻璃电极的玻璃球。

③ 用于称量质量和测量体积的仪器(台秤、天平、量筒、移液管等)的精度是有限的,为使实验结果达到要求的精确性,所用试剂必须达到一定数量。例如,用置换法测定摩尔气体常数(R),实验原理为

$$\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$$
$$R = \frac{V(\text{H}_2)p(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2)T} = \frac{[p - p(\text{H}_2\text{O})]V(\text{H}_2)M(\text{Mg})}{m(\text{Mg})T}$$

采用改进的测量装置(见实验 2),并以 1mL 吸量管作量气管, Mg 的用量可减少到约 0.0003g, H_2 体积的测量仍可达到 3 位有效数字的精度。但是,用普通分析天平称量 Mg 条,精度只有 1 位有效数字,这导致 R 的计算结果也只有 1 位有效数字的精度,这样的结果显然是缺乏可信度的。也就是说,在仪器精度一定的情况下,试剂用量减少,实验结果精度降低。这是化学实验微型化改造必须正确处理的一个基本矛盾。

④ 制备实验中，难以避免的操作损失（如仪器沾附等）也限制了试剂用量所能减少的程度。通常试剂用量减少，操作损失比重增大，产率降低。因此，为获得合理的产率，试剂用量还需达到适当的水平。

尽管存在如上所述的一些制约因素，但根据试验，常规无机化学实验仍有相当大的微型化余地。表 1 比较了几个典型无机化学实验的主要试剂的常规和微型用量。

表 1 几个典型无机化学实验主要试剂的常规和微型用量

实 验	主 要 试 剂	常 规 用 量	微 型 用 量
NH ₃ 和 NH ₄ ⁺ 的鉴定	0.1mol · L ⁻¹ NH ₄ Cl	10 滴	1 滴
	2mol · L ⁻¹ NaOH	10 滴	1 滴
难溶硫化物的生成与溶解	0.1mol · L ⁻¹ M(Ⅱ) SO ₄	5 滴	1 滴
气体常数的测定	Mg 条	0.03~0.035g	0.003~0.0035g
	3mol · L ⁻¹ H ₂ SO ₄	3~5mL	10~15 滴
反应速率、级数的测定	0.2mol · L ⁻¹ KI、(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ 等	共 42mL	共 11 滴
硫酸亚铁铵的制备	铁屑(粉)	2g	0.5g
粗食盐的提纯	粗食盐	15g	2g

大多数无机化学实验的试剂用量可减少到常规量的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{5}$ 或更少，而仍可使实验现象明显、实验结果具有合理的精确性。

(2) 仪器配置

一些微型化学实验教材推荐用高分子材料制作的井穴板和多用滴管作为微型无机化学实验的基本仪器，井穴板用于代替烧杯、试管、点滴板，而多用滴管用于代替滴管和滴瓶等传统玻璃仪器。本书的编者曾试图借鉴该体系开设微型无机化学实验，因此对井穴板和多用滴管的应用进行了认真细致的试验。结果表明，此两种仪器具有多功能、便于携带、不易破损以及价格较低等优点。但由试验可以清楚看到，它们也存在明显的缺点。井穴板的主要缺点有：

① 由于制作材料的关系，不适用于加热实验，也不适用于使用 CCl₄、(CH₃)₂CO 等有机溶剂的实验；

② 由于井穴深度不够，不利于观察气体的生成；

③ 对 KMnO₄ 等试剂有明显的吸附作用，并且难于清洗干净；

④ 不便于进行转移操作；

⑤ 难于进行摇荡混合操作，每一实验均需用玻棒搅拌混合，玻棒又需及时清洗，这不但方便而且浪费实验时间。

多用滴管的主要缺点包括：

① 由于不配带盖子，用于储液无法久置，而仅用于滴液不如普通滴管方便；

② 不适用于储存或取用与制作材料会发生作用或会被吸附的试剂；

③ 清洗不便。

考虑到井穴板和多用滴管存在上述明显的缺点，而它们的操作规范又与常规仪器存在较大的差别，我们不得不放弃采用此两种仪器。经对国内仪器市场进行调查并对各种仪器进行系统的试验研究，我们发现，在绝大多数情况下，采用微小规格的通用仪器即能实验无机化学实验的微型化。而显然，这样的微型仪器系统既便于应用实施，又不影响学生在今后实际工作中对常规化学实验或化工生产体系的适应，因为它保留了常规实验的操作规范。表 2 列出了本书实验体系所采用的主要微型仪器及其规格。

表 2 主要微型仪器及其规格

仪 器	规 格	仪 器	规 格
试管	(10×75)mm	具支试管	(18×150)mm
烧杯	15mL	圆底烧瓶	25mL
量筒	5mL	玻璃滴瓶	30mL
吸滤瓶 ^①	10mL	塑料滴瓶 ^③	10mL
布氏漏斗 ^②	φ20mm	塑料注射器 ^④	5mL

①磨砂口；②玻璃质，磨砂口；③眼药水瓶，主要用于盛装强碱性溶液和氢氟酸；④主要用于代替恒压滴液漏斗。

在本书的实验体系中，常规实验体系中所用的许多仪器（如滴管、酒精灯、漏斗、漏斗架等）可以留用，因此，用本书的微型实验体系改造常规实验体系，只需少量初期投入，而这少量的初期投入可很快由随后节省的实验费用进行补偿。

2. 教学应用效果

虽然本教材的微型实验主要只在试剂用量减少和仪器规格缩小两方面不同于常规实验，但其教学应用效果是显著的。

① 大大降低实验费用。微型实验的试剂用量平均减少为常规实验的 1/10 左右，这就大大节省了试剂费用。另一方面，从教学应用中可以注意到，学生在进行微型实验时，由于仪器微小，操作务必十分小心细致，加上微型仪器本身厚质比较大、脆性较小，仪器破损明显减少，而微型仪器的单价又比相应常规仪器低得多，因此，采用微型实验还可明显地节省仪器费用。

② 显著减轻实验污染。微型实验的试剂用量减少，产生的实验废物相应减少，环境污染减轻。根据编者的实践，在有适当的通风条件下，原来在常规实验中“令人头痛”的 H_2S 、 Cl_2 、 NO_x 等空气污染问题，在微型实验中已基本解决。可以说，通过微型化改进，无机化学实验室基本实现了无味化。

③ 非常有利于强化培养学生动手能力和认真细致的科学作风。正如前面所提到的，由于微型实验仪器规格小，学生在进行实验时务必小心认真细致操作。实际上，迫使学生不得不小心认真操作的还有试剂用量上的原因。例如， $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 的生成和酸碱性实验，常规实验一般取 10 滴 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ZnSO}_4$ 溶液于试管中，逐滴加入 $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液，观察沉淀的生成和溶解。在实验中，加入 1~8 滴 NaOH 溶液时均可观察到 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 白色沉淀生成。而在微型实验中， ZnSO_4 溶液的用量为 2 滴，滴加 1 滴 NaOH 溶液时可观察到白色沉淀生成，再滴加 1 滴 NaOH 溶液沉淀溶解。这就是说，与常规实验相比，微型实验要求更精确控制试剂加入量才能观察到正确的实验现象。在无机合成实验中，微型实验比常规实验更易因操作问题（如沾附过多、蒸发不足或过分等）而导致产率偏低或杂质含量偏高。因此，微型实验明显有利于强化培养学生动手能力和认真细致的科学作风。

④ 大大减轻实验准备工作量。无机化学实验的一个主要特点是试剂品种多，有的实验需用试剂多达 60 多种，全部实验需用试剂超过 120 种。在常规实验中，大多数试剂需用 125mL 试剂瓶盛装，平时存放于试剂柜中，每一实验前将所用试剂搬出摆放到试剂架上，实验后需及时将其搬回试剂柜中以便安排下一实验，实验准备工作量非常大。微型实验试剂用量大大减少，所用试剂可以 30mL 或更小的试剂瓶盛装，通过配用一种两人共用的阶梯式试剂架（见图 1），无机化学实验用主要试剂可一次性上架，大大减轻了实验准备工作量。根据我们的实践，原采用常规实验体系时，10 个班的无机化学实验需两位实验员才能完成，而采用微型实验体系，40 个班的实验只需一位实验员即能应付自如。

⑤ 明显提高了实验安排的灵活性、有利于深化实验教学改革。进行常规实验时，由于试剂必须在实验前搬出并在实验后搬回以便安排下一实验，因此每一实验必须统一集中安排进行，这就限制了实验安排的灵活性和实验室的利用，并且导致实际上无法安排补做或插做实验。采用微型实验，试剂一次性上架，学生可随时到实验室做不同内容的实验，大大提高了实验安排的灵活性和实验室的利用率，有效地解决了补做、插做实验的问题，并为实行开放式实验教学、深化实验教学改革创造了基本条件。

⑥ 有利于强化实验管理，培养学生良好的工作习惯。常规实验的仪器规格较大，只能成套固定存放在学生实验台柜筒中，实验时由学生自行取出所需仪器，实验后自行放回。这一管理方式存在一个实际上难以克服的弊端，那就是总有部分不自觉的学生不按要求洗涤仪器或随意将仪器放回到其他位置的柜筒中，损坏仪器也不予汇报、赔补，结果给下一批实验带来很大的不便。微型实验仪器规格微小，可实行实验前分发、实验后点收的强化管理方法，有利于监督学生规范使用仪器，养成良好的工作习惯。

⑦ 有利于充实实验内容，提高教学质量。与常规实验相比，微型实验费用降低，而完成大多数实验所需的时间明显缩短，因此，在原有的学时和经费条件下，可适当增加实验内容，或引进一些试剂较贵的较前沿实验（如稀土元素化学和金属有机化学方面的实验），从而有利于提高教学质量。

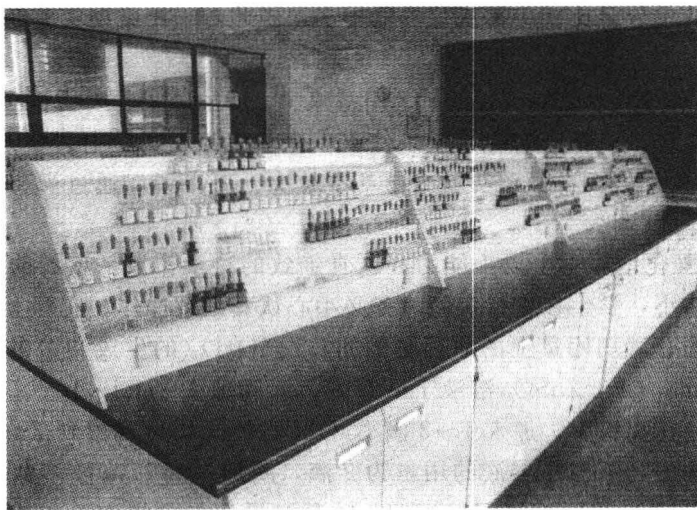


图1 阶梯式试剂架

二、无机化学实验的学习要求

1. 明确实验目的

化学是实验性很强的一门科学。实验教学是化学教学过程的重要环节，无机化学实验又是化学化工类专业一年级的必修课程，可见其在化学中具有极其重要的地位。

无机化学实验的主要目的是：使学生通过观察实验现象，了解和认识化学反应的事实，加深对无机化学基本概念和基本理论的理解；掌握无机化学实验的基本操作和技能，以及无机化合物的一般制备和提纯方法；学会正确使用基本仪器测量实验数据，正确处理数据和表达实验结果；培养学生独立思考、独立解决问题的能力 and 良好的实验素质，为学习后继课程、参加实际工作和开展科学研究打下良好基础。

2. 掌握正确的学习方法

无机化学实验的学习，除了需要有明确的学习目的和严格遵守实验守则外，还需要掌握学习无机化学实验的方法，现将学习无机化学实验的方法简介如下。

(1) 认真预习

为使实验能够获得良好的结果和较大的收获，必须进行实验前的预习。

- ① 认真阅读实验教材及其指定的教科书和参考资料。
- ② 明确实验目的，回答教材中的预习思考题，理解实验原理。
- ③ 熟悉实验内容，了解基本操作和仪器的使用，以及必须注意的事项。
- ④ 写出预习报告（内容包括简要的原理、步骤，做好实验的关键，应注意的安全问题等）。

(2) 做好实验

实验过程要做到：

① 严守纪律，保持肃静，认真按照实验内容（步骤）和操作规程进行实验，仔细观察现象，真实地做好详细记录；

② 遇到问题，要善于分析，力争自己解决问题。如果观察到的实验现象与理论不相符合，先要尊重实验事实，然后加以分析，必要时重复实验进行核对，直到从中取得正确的结论。疑难问题可以与教师讨论。若实验失败，应找出原因，经教师同意，重做实验。

(3) 写好实验报告

实验结束后要及时写好实验报告，报告内容大致如下。

- ① 实验目的、原理和内容。
- ② 实验记录，包括实验现象、原始数据。
- ③ 实验结果，包括对实验现象进行分析和解释；对元素及其化合物性质的变化规律进行归纳总结；对原始数据进行处理，以及对实验结果进行讨论；对每个小实验以及全部实验分别得出结论；对实验内容和实验方法提出改进意见等。

不同的实验可采用不同的格式书写实验报告，但务必注意字迹端正、工整清晰，并学会使用既简单明了又确切具体的表达方式。

附：实验报告格式示例

I. 测定实验

班级	学号	姓名	合作者
实验时间	年 月 日	教师签名	成绩

【实验题目】 实验 11 醋酸电离常数的测定

- 一、实验目的（全述）
- 二、实验原理（简述）
- 三、预习思考题
- 四、实验步骤（文字叙述）
- 五、数据记录及计算结果

表 11-1 pH 法测定 $K^{\ominus}(\text{HAc})$ 的实验数据和计算结果

烧杯编号	$V(\text{HAc})/\text{mL}$	$c(\text{HAc})/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	pH	$c(\text{H}^{+})/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$K^{\ominus}(\text{HAc})$	$\alpha(\text{HAc})/\%$
1	1.00	9.00				
2	2.00	8.00				
3	5.00	5.00				
4	8.00	2.00				
5	10.00	0.00				

测定温度 _____, 标准 HAc 溶液浓度 _____, $K^{\ominus}(\text{HAc})$ _____。

六、分析讨论

1. HAc 浓度对 HAc 电离度的影响及其原因。
2. 实验结果的相对误差及其产生的原因。

七、谈学习本实验的收获、体会和意见。

II. 性质实验

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 合作者 _____
实验时间 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师签名 _____ 成绩 _____

【实验题目】 实验 9 单、多相离子平衡

- 一、实验目的（全述）
- 二、实验原理（简述）
- 三、预习思考题
- 四、实验内容

实验步骤	现象或结果	解释或反应式	结 论
1. (1)pH 试纸检测 $0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 酸、碱溶液 pH 值 (2)2 滴 $0.10\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HAc 与 1 滴甲基橙指示剂混合 (3)...	HCl HAc NaOH $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液变红 ...	完全电离 $\text{HCl} \longrightarrow \text{H}^{+} + \text{Cl}^{-}$ 部分电离 $\text{HAc} \rightleftharpoons \text{H}^{+} + \text{Ac}^{-}$ 甲基橙遇酸变红 ...	HCl 为强酸 HAc 为弱酸 HAc 为酸性物质 ...
2. ∴	∴	∴	∴

五、谈学习本实验的收获、体会和意见。

III. 制备实验

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 合作者 _____
实验时间 _____ 年 _____ 月 _____ 日 教师签名 _____ 成绩 _____

【实验题目】 实验 5 硫酸亚铁铵的制备

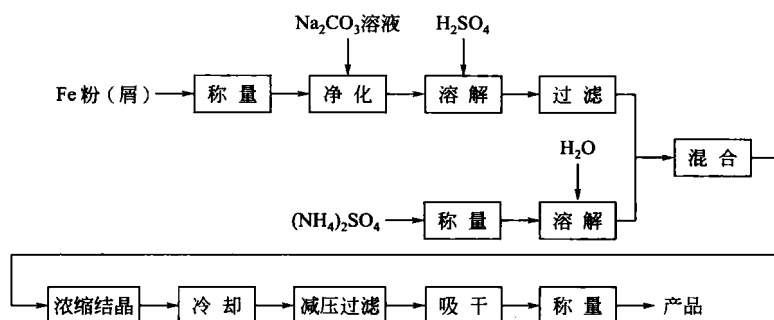
一、实验目的（全述）

二、实验原理（简述）

三、预习思考题

四、实验步骤

1. 硫酸亚铁铵的制备（工艺流程图）



2. Fe^{3+} 的痕量分析（简述）

五、实验现象及解释（按性质实验报告格式）

六、实验数据及结果

实验室温度：_____ $^{\circ}\text{C}$

Fe 粉（屑）质量：_____ g

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 质量：_____ g

产品颜色：_____

产品纯度级别：_____

实际产量：_____ g

理论产量：_____ g

产率：_____ %

七、谈学习本实验的收获、体会和意见。

实验室常识

一、学生实验守则

1. 实验前应认真预习，写好实验预习报告，上课时交指导教师检查和签字。
2. 遵守纪律，文明礼貌，保持肃静，集中思想，认真操作，积极思考，细致观察，及时如实记录。
3. 爱护各种仪器、设备，节约水电和药品。实验过程中如有仪器破损应填写仪器破损单，经指导教师签字后及时领取补齐，破损仪器酌情赔偿。
4. 实验后，废纸、火柴梗和废液废渣应倒入指定的回收容器中，严禁倒入水槽，以防水槽腐蚀和堵塞。废玻璃应放入废玻璃箱中。
5. 使用仪器应注意下列几点。
 - ① 试剂应按教材规定用量使用，如无规定用量，应适量取用，注意节约。
 - ② 公用试剂瓶或试剂架上的试剂瓶用过后，应立即盖上原来的瓶盖，并放回原处。公用试剂不得拿走为己所用。试剂架上的试剂应保持洁净，放置有序。
 - ③ 取用固体试剂时，注意勿使其洒落在实验台上。
 - ④ 试剂从瓶中取出后，不应倒回原瓶中。滴管未经洗净时，不准在试剂瓶中吸取溶液，以免带入杂质使瓶中试剂变质。
 - ⑤ 实验后要回收的药品都应倒入指定的回收瓶内。
6. 使用精密仪器时，必须严格按操作规程操作，细心谨慎，避免粗枝大叶而损坏仪器。发现仪器有故障时，应立即停止使用，报告指定教师，及时排除故障。
7. 注意安全操作，遵守实验室安全守则。
8. 实验后应将仪器洗净，放回原处，清理实验台面。
9. 值日生应按规定做好整理、清洁实验室等各项工作。

附：值日生职责

1. 进实验室后，打开窗户通风；光线不足时，打开电灯照明。
2. 待（全班同学）实验结束，整理并清洁实验室。
 - ① 擦净黑板。
 - ② 整理并清洁公用仪器、药品，归类摆齐各试剂架上的试剂。
 - ③ 清洗水池，不能留有纸屑及其他杂物。