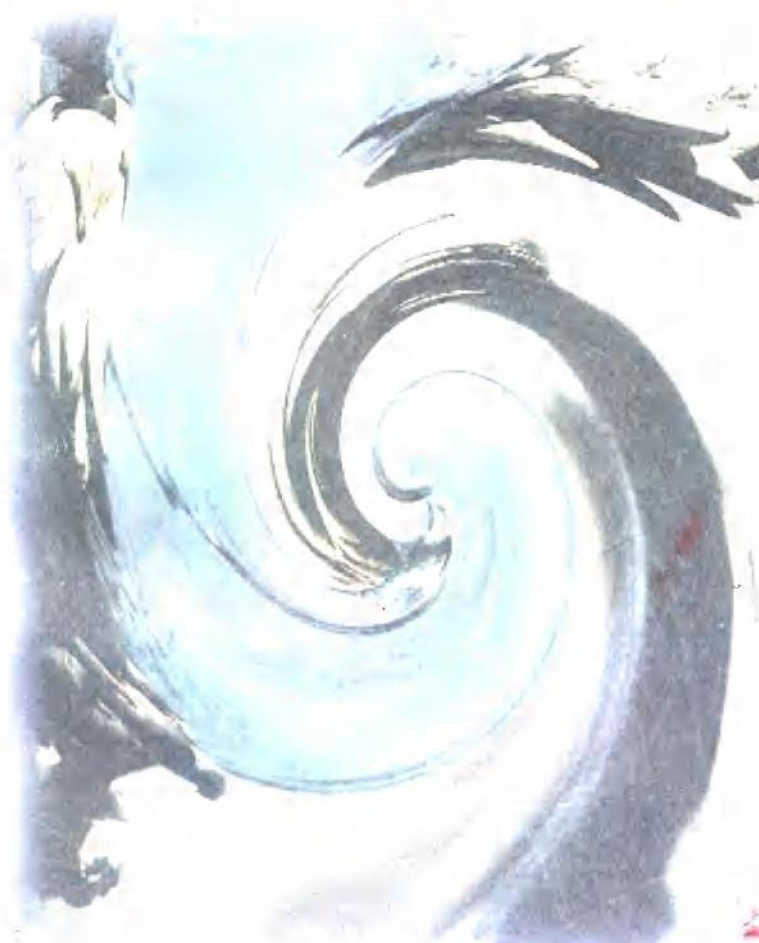


工科化学实验

GONGKE HUAXUE SHIYAN

李基永 蔡青云 主编



湖南大学出版社

工科化学实验

李基永 蔡青云 主编

湖南大学出版社

1996·长沙

内 容 简 介

本书是与《工科化学》配套的理工科院校非化工类专业普通化学实验教材。全书共6部分。第1~4部分介绍化学实验中的一些基本知识与基本操作。第5部分为实验部分,收入实验30个,包括:(1)化学实验的基本操作与常数测定;(2)化学的基本原理与基本性质;(3)与工科学生的专业相结合的实验;(4)上机实验。

本书既可作为理工科院校非化工类专业学生普通化学实验教材,也可作为化工类学生无机化学实验教材,和实验技术人员的参考书。

工科化学实验

Gongke Huaxue Shiyan

李基永 蔡青云 主编

☐责任编辑 俞 涛

☐封面设计 李星星

☐出版发行 湖南大学出版社

社址 长沙市岳麓山 邮码 410082

电话 0731-8821691 0731-8821315

☐经 销 湖南省新华书店

☐印 装 望城湘江印刷厂

☐开本 850×1168 32开 ☐印张 6.75 ☐字数 163千

☐版次 1996年12月第1版 ☐1996年12月第1次印刷

☐印数 1-4 000册

☐书号 ISBN 7-81053-067-4/O6·4

☐定价 8.50元

(湖南大学版图书凡属印装差错,请向承印厂调换)

前 言

本书是根据教学需要,为配合《工科化学》一书,按教学大纲的要求编写而成的。在内容编排上,考虑了实验教学内容、实验技术的更新与改进,以及计算机在化学实验中的应用,同时还结合了教师的科学研究。

在本书的第1至第4部分介绍了化学中的一些基本知识与基本操作。它们从实用的角度展示了化学。这些知识对工科学子今后的工作十分有益。第5部分为本书的实验部分。它包括以下几个部分的内容:(1)化学的基本操作与常数测定(实验一至实验九);(2)化学的基本原理与基本性质(实验十至实验十九),在性质实验之后安排了综合实验Ⅰ,综合实验Ⅱ(实验二十,实验二十一)以检验学生的综合分析能力,可作考试实验;(3)与工科学生的专业相结合安排了废水处理及水的净化(实验二十二,实验二十三)、印像放大与定影液中银的回收(实验二十四、实验二十五);(4)上机实验(实验二十八至实验三十),本组实验与实验六至实验八相对应,为加强工科学子实际运用计算机能力而设计。

在本书编写过程中,对实验内容的选择力求做到既加强学生的基本理论,基本知识与基本技能的训练,又尽可能考虑到一般工科院校的仪器条件。

选用试剂时,尽量选用对环境污染小,价格低的普通试剂,并注意了用量的节约。

本书既可作为理工科院校非化工类专业学生的普通化学实验教材,也可作为化工类学生的无机化学实验教材,同时还是工科大学生的一本有用的基本化学知识手册。

本书由李基永,蔡青云主编,参加编写的有边可君(第4部分,实验十一,实验十四至实验二十),叶亿德(3.6,实验六),叶立元(第2部分,3.1~3.6,实验二十二,附录1),李志东(实验一至实验四,实验二十一,实验二十三,实验二十四和实验二十六),李基永(第1部分,实验五,实验十,实验十二和实验十三),庞新宇(3.7~3.12,实验二十七,附录2~附录8),蔡青云(3.13,实验七至实验九,实验二十五,实验二十八至实验三十)。在本书的编写过程中得到了湖南大学无机化学教研室全体同志的大力支持与帮助,在此表示感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中疏漏以至错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1996年11月于湖南大学

目 次

1 绪言

- 1.1 实验目的..... (1)
- 1.2 实验程序..... (1)

2 实验室安全与事故处理

- 2.1 安全守则与安全操作..... (7)
- 2.2 实验室意外事故应急处理..... (8)

3 常用仪器与基本操作

- 3.1 常用基本仪器..... (9)
- 3.2 玻璃仪器的洗涤..... (10)
- 3.3 加热..... (13)
- 3.4 体积量取..... (17)
- 3.5 分离与提纯..... (22)
- 3.6 称量..... (28)
- 3.7 密度计的使用..... (32)
- 3.8 气体的发生与纯化..... (33)
- 3.9 奥氏气体分析仪的使用..... (37)
- 3.10 PHS-10A 型数字酸度/离子计的使用..... (39)
- 3.11 721 型分光光度计的使用..... (42)
- 3.12 电导率仪的使用..... (44)
- 3.13 PC 计算机基本知识与操作入门..... (46)

4 误差与有效数字

- 4.1 误差..... (54)
- 4.2 有效数字..... (59)

5 实验

- 实验一 分析天平的使用..... (61)

实验二	氯化钠的提纯	(63)
实验三	硫酸亚铁铵的制备	(66)
实验四	酸碱滴定	(69)
实验五	化学反应焓变的测定	(72)
实验六	醋酸电离度和电离常数的测定	(77)
实验七	化学反应速率常数的测定	(81)
实验八	光度法测配合物组成与稳定常数	(85)
实验九	难溶氢氧化物溶度积的测定	(89)
实验十	电解质溶液	(92)
实验十一	化学反应速率与化学平衡	(97)
实验十二	氧化还原与电化学	(102)
实验十三	配合物的形成与性质	(108)
实验十四	非金属元素(Ⅰ)	(112)
实验十五	非金属元素(Ⅱ)	(115)
实验十六	非金属元素(Ⅲ)	(118)
实验十七	金属元素(Ⅰ)	(122)
实验十八	金属元素(Ⅱ)	(126)
实验十九	金属元素(Ⅲ)	(129)
实验二十	综合试验(Ⅰ)	(131)
实验二十一	综合试验(Ⅱ)——金属离子的分离与鉴定	(135)
实验二十二	水的净化	(137)
实验二十三	含铬废水的处理	(144)
实验二十四	废定影液中银的回收	(147)
实验二十五	印像与放大	(149)
实验二十六	有机化合物的性质	(156)
实验二十七	气体分析	(162)
实验二十八	上机实验Ⅰ——醋酸电离度和电离常数的测定	(167)
实验二十九	上机实验Ⅱ——化学反应速率常数的测定	(170)
实验三十	上机实验Ⅲ——配合物稳定常数的测定	(182)

6 附录

1 绪言

1.1 实验目的

普通化学实验是学习普通化学课程的重要环节。化学实验的主要目的是：

(1)巩固、深化和扩大课堂中所获得的知识,为理论联系实际打下基础;

(2)培养学生正确掌握一些实验的基本技能,学会正确使用常用仪器,获得准确的实验数据和结果;

(3)培养学生独立工作和思考的能力,在独立准备和完成实验的过程中,细致观察和记录现象,处理数据,从中得出结论;

(4)培养学生实事求是的科学态度,和准确、细致、整洁、有条不紊的良好习惯。

1.2 实验程序

要达到实验的目的,必须有正确的学习态度和学习方法。普通化学实验可按以下程序实施。

1.2.1 预习

充分预习实验教材是做好实验的一个重要环节。通过预习,应当搞清实验目的、有关原理、内容、操作方法、步骤,并可预见每一实验的目标和结果。预习时应认真地做好预习报告,以便能正

确回答指导教师的提问或抽查。

1.2.2 实验

在教师的指导下,按实验教材上规定的方法、步骤及药品的用量进行实验。注意观察实验中出现的现象,做好记录,并结合理论分析原因,找出规律。

1.2.3 实验报告

在指定时间内,用实验报告纸,以简明的格式写好实验报告。要求记载清楚,结论明确,图表清晰,文字简练,书写整洁。

下面列举几种不同类型的实验报告:

实验五 化学反应焓变的测定

班级_____ 姓名_____ 日期_____

一、实验目的

二、数据记录

实验时室温 T/K

1. CuSO₄ 溶液的配制

CuSO₄·5H₂O 晶体的质量 $m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}/\text{g}$

CuSO₄ 溶液的浓度 $c_{\text{CuSO}_4}/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

2. 反应系统温度随时间的变化

时间 t/s	
温度 T/K	

三、数据处理

1. 作图与外推(以时间为横坐标、温度为纵坐标作图,并外推求得反应前后溶液的温度升高 ΔT)

2. 反应焓变的计算

$$\Delta H = - \frac{\rho c \Delta T}{c_{\text{CuSO}_4}} = \hspace{10em} (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$$

3. 实验结果的百分误差

$$\frac{\Delta H_{\text{实}} - \Delta H_{\text{理}}}{\Delta H_{\text{理}}} \times 100 \% =$$

实验十 电解质溶液

班级_____ 姓名_____ 日期_____

- 一、实验目的
- 二、溶液 pH 值的测定

溶液名称 (0.1mol·L ⁻¹)		
溶液 pH 值	实验值	
	计算值	

- 各溶液 pH 的大小顺序：
- 三、弱电解质溶液中的电离平衡及其移动
 - 1. 弱碱的电离平衡及其移动

现象：
解释：

- 2. 弱酸的电离平衡及其移动
- 现象：
- 解释：

- 3. 缓冲溶液的配制和性质

缓冲溶液的配制	溶液名称、浓度		
	溶液体积/mL		

pH 值的 测定		理论值	实验值	加 HCl	加 NaOH	加去离子水
	缓冲溶液					
	去离子水					

结论	
----	--

- 四、难溶电解质的多相离子平衡
- 1. 沉淀的生成和转化
- 现象：

解释：

2. 分步沉淀

沉淀颜色： AgCl _____； Ag_2CrO_4 _____

沉淀先后顺序：

解释：(反应式, 计算)

五、金属离子的沉淀分离

现象：

解释：

实验十二 氧化还原与电化学

一、实验目的

二、原电池的装配和电动势的粗略测定

原电池符号

电极反应：阳极

阴极

电池反应：

电动势：

三、浓度、介质对电极电势和氧化还原反应的影响

1. 现象：

解释：

2.

氧化剂	介质	还原剂	现象	产物
KMnO_4 ($0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 2~5 滴	H_2SO_4 ($3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	Na_2SO_3 ($0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 逐滴加入		
	去离子水			
	NaOH ($3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)			

四、氧化还原电对的氧化还原性

1. 现象：

解释：

按电极电势大小排序：

2. 现象：

反应式：

解释：

五、金属腐蚀及防止

1. 腐蚀原电池的形成

(1) 现象：

反应式：阳极

阴极

解释：

(2) 现象：

解释：

(3) 现象：

结论：判断 铁片 I 为_____铁

铁片 II 为_____铁

解释：

2. 金属腐蚀的防止

(1) 现象：

解释：

(2) 现象：

反应式：阳极

阴极

实验二十二 水的净化

班级_____ 姓名_____ 日期_____

一、实验目的

二、水的净化处理所采用的方法

(简单流程图)

三、水质的检验

1. Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的检验

	自来水	净化水(去离子水)
Ca^{2+} (钙指示剂)		
Mg^{2+} (铬黑 T)		
Cl^- (AgNO_3)		
SO_4^{2-} (BaCl_2)		

2. 水的总硬度测定

项 目	数 据	
	I	II
滴定后 EDTA 液面读数 V_2/mL		
滴定前 EDTA 液面读数 V_1/mL		
滴定用去 EDTA 的体积 $V_{\text{EDTA}}/\text{mL}$		
$V_{\text{EDTA}} = (V_{\text{EDTA I}} + V_{\text{EDTA II}})/2$		
$c_{\text{EDTA}}/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$		
水样的体积 $V_{\text{水样}}/\text{mL}$		
水的总硬度(以 CaO 含量计)/ppm		
水的总硬度(以 CaO 含量计)/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$		

3. 水的电导率的测定

水 样	自来水	净化水(去离子水)
电导率/ $\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$		
结 论		
备注:(测量仪器)		

2 实验室安全与事故处理

2.1 安全守则与安全操作

化学药品中有很多是易燃、易爆、有腐蚀性或有毒的。所以在实验前应充分了解安全注意事项。在实验时,应在思想上十分重视安全问题,集中注意力,遵守操作规程,以避免事故发生。

(1)水、电使用完毕就应立即关闭。

(2)加热试管时不要将管口对向自己或别人,不要俯视正在加热的液体,以免液体溅出,受到伤害。

(3)嗅闻气体时,应用手轻拂气体,扇向自己后再嗅。

(4)使用酒精灯时,应随用随点燃,不用时盖上灯罩。不要用已点燃的酒精灯去点别的酒精灯,以免酒精流出而失火。

(5)浓酸、浓碱具有强腐蚀性,切勿溅到衣服、皮肤上,尤其勿溅到眼睛上。稀释浓硫酸时,应将浓硫酸慢慢倒入水中,而不能将水向浓硫酸中倒,以免迸溅。

(6)乙醚、乙醇、丙酮、苯等易燃物质,使用时必须远离明火,取用完毕后应立即盖紧瓶塞。

(7)能产生有刺激性或有毒气体的实验,应在通风橱内(或通风处)进行。

(8)有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物等,特别是氰化物)不得进入口内或接触伤口。也不能将有毒药品随便倒入下水管道。

(9)严禁在实验室饮食、吸烟、穿背心及拖鞋。实验完毕,应洗净双手后才可离开实验室。

2.2 实验室意外事故应急处理

(1)烫伤:可涂烫伤膏。如有水泡、切勿刺破,取消毒纱布敷料或干净的布料一块,浸入碳酸氢钠的溶液内(于 1 L 温水中溶入 24 g~30 g 碳酸氢钠),将敷料覆于烧伤处。

(2)受强酸腐伤:立即脱除受污衣物,用大量清水冲洗伤处,再用 5% 碳酸氢钠涂洗伤处。①硝酸烧伤可以立即用漂白粉溶液洗。②苯酚烧伤需立即用肥皂和水清洗,切勿用酒精。因为乙醇可溶解苯酚,扩大接触面,增加皮肤吸收,甚至可由此而引起死亡。③铬酸烧伤可用硫化铵溶液或 5% 硫化钠溶液洗。

(3)受强碱腐伤:用大量清水冲洗,立即脱除受污衣服,用 2%~10% 柠檬酸溶液,2%~3% 醋酸溶液或 5% 氯化铵溶液涂洗伤处。再搽上凡士林。

(4)被玻璃割伤时:伤口内若有玻璃片,须先排出,搽上龙胆紫药水,再用纱布包扎。

(5)火灾:如因酒精、苯或醚等引起着火时,应立即用湿布或沙土等扑灭;如火势较大,可使用 CCl_4 灭火器或 CO_2 泡沫灭火器,但不可用水扑救,因水能和某些化学药品(如金属钠)发生剧烈的反应而引起更大火灾。如遇电气设备着火,必须使用 CCl_4 灭火器,绝对不可用水或 CO_2 泡沫灭火器。

(6)若吸入氯、氯化氢等气体,可立即吸入少量酒精和乙醚的混合气以解毒,若吸入硫化氢气体而感到不适或头晕时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

(7)遇有触电事故,首先应切断(关断)电源,然后在必要时,进行人工呼吸。

(8)对伤势较重者,应立即送医院。

3 常用仪器与基本操作

3.1 常用基本仪器

序号	仪 器 名 称	序号	仪 器 名 称
1	台式天平	28	滴管
2	分析天平	29	点滴板
3	酒精灯	30	量筒
4	酒精喷灯	31	容量瓶
5	电炉	32	移液管
6	烧杯	33	吸量管
7	表面皿	34	吸气橡皮球
8	烧瓶	35	酸式(即玻璃塞式)滴定管
9	锥形瓶	36	碱式(即简易式)滴定管
10	蒸发皿、有柄蒸发皿	37	滴定管夹
11	坩埚	38	洗瓶
12	坩埚钳	39	玻璃棒
13	泥三角	40	漏斗、长颈漏斗
14	试管	41	漏斗架
15	试管架	42	滤纸(滤纸碎片)
16	试管夹	43	玻璃纤维
17	试管刷	44	布氏漏斗
18	石棉铁丝网	45	吸滤瓶
19	铁架	46	玻璃抽气管
20	铁圈	47	安全瓶
21	铁夹	48	U形管
22	铁夹座	49	T形管
23	三脚架	50	电动离心机
24	螺丝夹	51	离心试管
25	水浴锅	52	干燥器
26	药匙	53	称量瓶
27	研钵	54	密度计

序号	仪 器 名 称	序号	仪 器 名 称
55	启普发生器	60	橡皮塞
56	蒸馏烧瓶	61	橡皮管
57	冷凝管	62	乳胶管
58	接引管	63	温度计
59	软木塞	64	砂纸

部分常用仪器示意图参见图 3.1 和图 3.2。

3.2 玻璃仪器的洗涤

为了使实验结果正确,必须将实验仪器洗涤洁净。现以洗涤试管为例,说明洗涤方法。

(1)在试管内装入约占试管总容量 $1/3$ 的自来水,摇荡片刻,倒掉,再装入水摇荡,倒掉,如此反复操作数次,然后用少量去离子水或蒸馏水漂洗两次(必要时可增加冲洗次数);若管壁能均匀地被水所润湿而不沾附水珠,则可认为基本上已洗涤干净(参见图 3.3),此试管即可用来作实验。

(2)试管用水冲洗不能洗干净时,可用试管刷刷洗,注意所用的试管刷前部的毛应是完整的,先将它捏住后放入管内,以免试管刷的铁丝顶端将试管戳破。每次刷洗用的自来水不必太多,洗净后,再用少量去离子水或蒸馏水漂洗一两次。

(3)玻璃仪器如沾有油污,可用去污粉或肥皂粉擦洗(但不要用于去污粉或肥皂粉刷洗有刻度的量器,以免擦伤器壁)。再用自来水洗干净,最后用去离子水或蒸馏水漂洗一两次,才可使用。

(4)如果仪器沾污得厉害,刷子又刷不到,可先用洗涤液处理。洗涤液由重铬酸钾和浓硫酸配成,在实验室中较常使用。一般可将需要洗涤的仪器浸泡在热的(70°C 左右)洗涤液中约十几分钟,取出后,再用水冲洗。这种洗涤液用过后如果不显绿色($+3$ 价铬