大学化学实验

主　编　冯　莉

副主编　刘光芬　高庆宇

　　　　郑宏伟　李兰萍

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/冯莉主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2005.1

ISBN 7-81107-018-9

Ⅰ.大…　Ⅱ.冯…　Ⅲ.化学实验—高等学校—教材　Ⅳ.O6—3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 005390 号

书　　名　大学化学实验
主　　编　冯　莉
责任编辑　褚建萍
责任校对　徐　玮
出版发行　中国矿业大学出版社
　　　　　(江苏省徐州市中国矿业大学内　邮编 221008)
网　　址　http://www.cumtp.com　**E-mail**:cumtpvip@cumtp.com
印　　刷　江苏徐州新华印刷厂
经　　销　新华书店
开　　本　787×960 1/16　印张 7.75　字数 130 千字
版次印次　2005 年 1 月第 1 版　2005 年 1 月第 1 次印刷
定　　价　10.50 元

前　言

“大学化学”是面向非化学化工类理工科大学生开放的一门公共基础课程。“大学化学实验”是“大学化学”课程的重要组成部分，是巩固扩大和加深所学大学化学的基本理论和知识，培养学生独立操作、观察记录、分析归纳、撰写报告等多方面能力的重要环节。

21世纪的高等教育是以培养学生具有创新能力为核心的素质教育，而化学是一门实践性很强的学科。“大学化学”和“大学化学实验”课程的设置，不应该只使学生掌握一定的自然科学基础，更希望学生能学会运用化学的基本知识和思维方法，在解决实际的工程技术问题中有所作为。

本教材的编写是依据高等工科学校“普通化学教学基本要求”、“面向21世纪普通化学实验教学基本要求框架”以及世界银行贷款项目的精神，以培养21世纪具有全面素质和创新能力的高级工程技术人才为目标，在总结中国矿业大学多年大学化学实验教学的基础上，依据新形势的要求，作出如下安排：

1. 第一章　化学实验基础：包括实验守则及意外事故处理、化学实验的基本操作以及误差及实验数据的处理。

2. 第二章　基础实验：主要为验证性实验，精选一些能很好体现教学基本要求的经典实验，同时考虑不同专业对实验的要求，尽量做到少而精。

3. 第三章　综合设计性实验：侧重于加强实验内容的综合性和学生能力的训练，培养学生理论联系实际的能力。

4. 第四章　趣味实验：这是本教材的特色之一，目的是希望提高学生对化学课程的兴趣，尽可能表现出化学在生活、实验中生动有趣的一面，充分调动学生学习的主观能动性。

5. 第五章　大型仪器参观实验：这也是本教材的特色之一。现代大型仪器分析在工程技术中的应用越来越广泛，但鉴于学时的限制和学科基础方面的原因，采取了安排学生参观大型仪器的形式，让学生对相关仪器的原理、方法以及适用范围有一定了解，以满足不同层次的需要。

6. 附录中列出实验中必需的数据，以供学生查阅。

由于大学化学涉及工科院校各专业，门类繁多，学时不尽相同，因而对实验内容及数量的要求也随之而异。为此，在本教材编写过程中我们十分注意对实验内容的选择、安排和处理，尽量做到兼顾各专业的不同要求，同时又有一定的针对性，重点在于知识性、趣味性和实践性。

本教材由冯莉编写实验2、3、4、5、11、12、15、16、17、19，刘光芬编写实验18（包括5个实验），郑宏伟编写第一章和实验1、8、13、14，李兰萍编写实验6、7、9、10，其他内容由参编人员共同编写定稿。全书由冯莉、高庆宇统稿。

在本书的编写过程中，中国矿业大学化学系和化学实验中心的各位教师提出了宝贵的修改意见，在此表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免有疏漏、欠妥之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2004.12

目　录

第一章　化学实验基础

第一节　实验守则及意外事故处理

一、实验要求

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，做到明确目的，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；预习或复习基本操作、有关仪器的使用。

（2）查　通过查阅附录或有关手册，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. 讨论

（1）实验前以提问的形式，师生共同讨论，使学生掌握实验原理、操作要点和注意事项。

（2）观看操作录像，或由教师操作示范，使基本操作规范化。

（3）实验后组织课堂讨论，对实验现象、结果进行分析，对实验操作和技能进行评论，以达到提高的目的。

3. 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，要如实记录在报告本上。不用铅笔记录，不记在草稿纸、小纸片上，不凭主观意愿删去自己认为不对的数据，不杜撰原始数据。原始数据不得涂改或用橡皮擦拭，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，以获得指导。

（4）如对实验现象有怀疑，在分析和检查原因的同时，可以做对照实验、空白实验，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，要查找原因，经教师同意后重做实验。

4. 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。要做到以下几点：

（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。

（3）回答教师提出的问题和书后思考题。

5. 实验报告

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，报告本整齐清洁。

（1）实验报告的书写，一般分 3 部分，即：

① 预习部分（实验前完成），按实验目的、原理（扼要）、步骤（简明）几项书写。

② 记录部分（实验时完成），包括实验现象、测定数据，这部分称为原始记录。

③ 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、误差分析以及讨论的情况。

（2）实验报告的格式　大学化学实验大致可分为制备、定量、性质、定性分析 4 大类。现将典型的实验报告格式推荐如下，以供参考。

Ⅰ. 制备实验

实验　硝酸钾的制备

一、实验目的

1. 利用钾盐、硝酸盐在不同温度时溶解度不同的性质来制备硝酸钾。

2. 学习称量、溶解、冷却、过滤等无机制备的基本操作。

二、实验原理

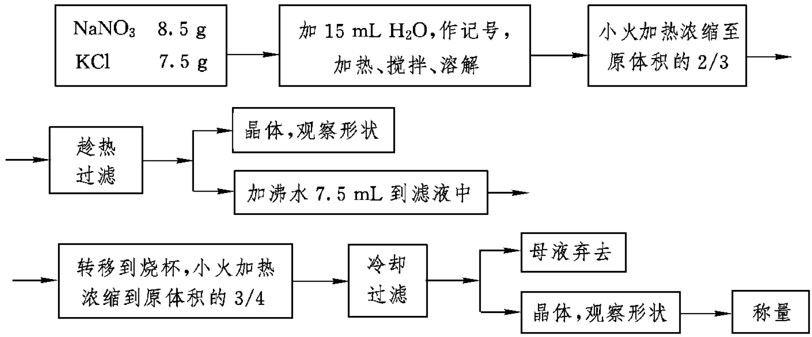
当 KCl 和 $NaNO_3$ 溶液混合时，混合液中同时存在 K^+、Na^+、Cl^-、NO_3^- 4 种离子，由它们组成的 4 种盐，在不同的温度下有不同的溶解度，利用 NaCl、KNO_3 的溶解度随温度变化而变化的差别，高温除去 NaCl，滤液冷却得到 KNO_3。

三、实验用品（略）

四、实验步骤（见下图）

五、数据记录与处理

1. 实验现象（略）



2．**产量**（**略**）

3．**理论产量**：

$$KCl + NaNO_3 \rightleftharpoons KNO_3 + NaCl$$

$$KNO_3\ \text{的质量} = \frac{8.5 \times 101}{85}(g) = 10.1\ (g)$$

4．**产率**＝（**实际产量**/**理论产量**）×100%

六、思考与讨论（略）

Ⅱ．特征常数测定实验

实验　醋酸标准解离常数和解离度的测定

一、实验目的（**略**）

二、实验原理（**略**）

三、实验用品（**略**）

四、实验步骤（**略**）

五、数据记录与处理

（一）醋酸标准解离常数和解离度的测定

1．**配制不同浓度的醋酸溶液**

实验室提供的 HAc **溶液浓度为**________ mol/L。

HAc **溶液编号**	1	2	3	4	5
加入 HAc **的体积**/mL	5.00	10.00	25.00	50.00	25.00
加入 NaAc **的体积**/mL	—	—	—	—	5.00
稀释至 50 mL **后** HAc **的浓度**/mol·L^{-1}					

2．**由稀到浓依次测定** HAc **溶液的** pH **值**

3. **数据记录和结果处理**

编号	$c(HAc)/mol \cdot L^{-1}$	pH 值	$c(H^+)/mol \cdot L^{-1}$	$c(Ac^-)/mol \cdot L^{-1}$	$K_a^{\ominus}$	α
1						
2						
3						
4						
5						

（二）未知弱酸标准解离常数的测定

取 10.00 mL 未知弱酸溶液，以酚酞作指示剂，用 NaOH 溶液滴定至终点，然后再加入 10.00 mL 该弱酸溶液。测得该溶液的 pH＝________，该弱酸标准解离常数为________。

六、思考与讨论（略）

Ⅲ. 定量分析实验

实验　混合碱的组成及其含量的测定（方法一）

一、实验目的（略）

二、实验原理（略）

三、实验用品（略）

四、实验步骤（略）

五、数据记录与处理

1. **称量记录（略）**

2. **混合碱测定**

序　　号		1	2	3
试样取量 m/g				
$c(HCl)/mol \cdot L^{-1}$				
V_2/mL	终读数			
	初读数			
	V_2			
V_1/mL	终读数			
	初读数			
	V_1			
(V_1+V_2)/mL				

(V_1-V_2)/mL			

续表

序号			1	2	3
总碱度 $w(Na_2O)$		测定值			
		平均值(舍前)			
		S			
		T			
		平均值(舍后)			
混合碱各组分质量分数/%	组分 1	测定值			
		平均值			
	组分 2	测定值			
		平均值			

六、思考与讨论(略)

Ⅳ. 性质实验

实验　副族元素与配位化合物

一、实验目的(略)

二、实验原理(略)

三、实验用品(略)

四、实验步骤与记录(仅列部分内容作示例)

1. 氢氧化物的沉淀和溶解

$$M^{2+}+2OH^- \longrightarrow M(OH)_2 \longrightarrow \begin{cases} +H^+ & \text{溶解，碱性氢氧化物} \\ +OH^- & \text{溶解，酸性氢氧化物} \\ \left.\begin{array}{l} +H^+ \\ +OH^- \end{array}\right\} & \text{均溶，两性氢氧化物} \end{cases}$$

序号	实验步骤	反应式	结论
1.	(1) 向 Ni^{2+} 溶液中加 NaOH 溶液 (2) 向 $Ni(OH)_2$ 中加酸 (3) 向 $Ni(OH)_2$ 中加碱	$Ni^{2+}+2OH^- \longrightarrow Ni(OH)_2\downarrow$ 浅绿色 $Ni(OH)_2+2H^+ \longrightarrow Ni^{2+}+2H_2O$ (溶解)浅绿 不反应	$Ni(OH)_2$ 为碱性氢氧化物
2.	(1) 向 Zn^{2+} 溶液中加 NaOH 溶液 (2) 向 $Zn(OH)_2$ 中加酸 (3) 向 $Zn(OH)_2$ 中加碱	$Zn^{2+}+2OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2\downarrow$ 白色 $Zn(OH)_2+2H^+ \longrightarrow Zn^{2+}+2H_2O$ (溶解) $Zn(OH)_2+2OH^- \longrightarrow [Zn(OH)_4]^{2-}$ (溶解)	$Zn(OH)_2$ 为两性氢氧化物
3.	(1) 向 Cr^{3+} 溶液中加 NaOH 溶液 (2) 向 $Cr(OH)_3$ 中加酸 (3) 向 $Cr(OH)_3$ 中加碱	$Cr^{3+}+3OH^- \longrightarrow Cr(OH)_3\downarrow$ 灰绿色 $Cr(OH)_3+3H^+ \longrightarrow Cr^{3+}+3H_2O$ (溶解) $Cr(OH)_3+OH^- \longrightarrow [Cr(OH)_4]^-$ (溶解)	$Cr(OH)_3$ 为两性氢氧化物

续表

序号	实验步骤	反 应 式	结论
4.	(1) 向 Ag^+ 溶液中加 NaOH 溶液 (2) 向 Ag_2O 中加酸 (3) 向 Ag_2O 中加碱	$2Ag^+ + 2OH^- \longrightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O$ (白色→灰色) $Ag_2O + 2H^+ \longrightarrow Ag^+ + H_2O$ (溶解)(无色) 不反应	Ag_2O 为碱性氧化物
5.	(1) 向 Fe^{3+} 溶液中加 NaOH 溶液 (2) 向 $Fe(OH)_3$ 中加酸 (3) 向 $Fe(OH)_3$ 中加碱	$Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_3\downarrow$ 红褐色 $Fe(OH)_3 + 3H^+ \longrightarrow Fe^{3+} + 3H_2O$ (溶解)黄色 不反应	$Fe(OH)_3$ 为碱性氢氧化物

五、思考与讨论(略)

二、学生实验守则

学生应遵守实验室的各项制度,实验时要保持肃静,集中思想认真操作。

(1) 实验中使用仪器时,必须按照操作规程进行,要谨慎细致。如发现仪器有故障或损坏应立即停止使用,并及时报告指导教师,不得自行拿用其他位置上的仪器。

(2) 实验中仔细观察各种现象,并如实详细地记录在实验记录本上。

(3) 保持实验室的清洁和实验台的整齐,仪器安置有序,废纸应投入废纸篓。废酸、废碱液及污染性溶液应小心倒入废液缸内,切勿倒入水槽,以免腐蚀下水道和污染环境。实验教材中所规定的在实验做过后要回收的药品都应倒入回收瓶中。

(4) 爱护财物,小心使用仪器和实验设备,应注意节约水、电。

(5) 在使用药品时应注意以下几点:

① 药品应按规定量取用,注意节约;

② 取用固体药品时,注意不要撒落在实验台上;

③ 药品自瓶中取出后,不应倒回原瓶中,以免带入杂质而污染瓶中药品;

④ 药品瓶用过后应立即盖好,并放回原处,避免和其他试剂瓶上的盖搞错,混入杂质;

⑤ 同一滴管或吸管在未洗干净时不应在不同的药品瓶中吸取溶液。

(6) 实验结束后,应将玻璃仪器洗刷干净,放回规定的位置,整理好桌面,打扫卫生,洗净双手。

(7) 离开实验室之前,必须检查电插头或电闸刀是否断开、水龙头是否关闭,最后关好门窗。实验室内的一切物品不得带离实验室。

三、学生安全守则

实验室中可能发生的事故,大致可分为 4 类:烧伤、中毒、火灾、爆炸。

1. 烧伤的预防

(1) 取用固体氢氧化钠和有腐蚀性药品时，严禁直接用手拿取，而应用药匙。

(2) 稀释浓酸，特别是浓硫酸时，只能在搅拌下将酸液慢慢注入水中，切不可将水倒入酸液中，否则酸液溅出，会造成伤害。在稀释时，如溶液剧烈发热，则应等其冷却后再继续加酸。稀释操作必须在烧杯中进行。

(3) 使用浓酸、强碱溶液时，严禁用嘴直接吸取，应该用洗耳球吸取。避免浓酸、强碱等腐蚀性药品溅到皮肤、衣服和鞋袜上。使用 HNO_3、HCl、$HClO_4$、H_2SO_4 时，操作应在通风橱中进行。在搬动浓酸、强碱溶液时，要特别小心，防止容器破碎而造成烧伤。

(4) 加热试管时，不要将试管口指向自己或别人，也不要俯视正在加热的液体，以免溅出液体把人烫伤。试管夹应夹在试管上部 1/3 处，加热过程中应不断摇动试管，使其均匀加热。

(5) 倾注药品和加热溶液时，不可俯视。

2. 中毒的预防

(1) 一切有毒性气体逸出的实验，都必须在通风橱中进行。例如：用硝酸溶解金属矿石和其他物质时，有氮氧化物逸出；用氯酸钾或其他氧化剂处理盐酸时会逸出氯气；酸与含砷物质作用将逸出砷化氢；将含有氰化物、硫氰化物、可溶性硫化物和溴化物的溶液进行酸化时，将逸出有毒气体；亚铁氰化钾与硫酸共同蒸发时，有剧毒的氰化氢逸出等。

(2) 汞盐、氰化物、氧化砷、钡盐、重铬酸盐等药品有毒，使用时应特别小心，严禁在酸性介质中加入氰化物。

(3) 嗅闻气体时，应用手轻拂，将少量气体扇向自己再嗅。

(4) 一切有毒药品必须妥善保管，按照实验规则取用。有毒的废液不可倒入下水道中，应集中存放，并及时加以处理。

(5) 实验室中严禁饮食，使用有毒物质后和离开实验室前必须洗手。

(6) 在处理有毒物品时，应戴防护目镜和橡皮手套。

3. 火灾的预防

(1) 实验楼内必须备有灭火器材、沙土等，每个实验人员都应知其放置的地点和使用方法。

(2) 一切电热设备，如马弗炉、烘箱、电炉等要有专人管理，并要定期检查，防止发生触电、漏电、失火等事故。

(3) 使用四氯化碳、乙醚、苯、丙酮、三氯甲烷等有毒易燃有机溶剂时要远离火源，用过的药品应倒入回收瓶中，不得倒入水槽。

(4) 使用酒精灯时，应随用随点，不用时盖上灯罩，不要用正点燃的酒精灯去点别的酒精灯，以免酒精流出而失火，也不要用嘴吹酒精灯以免回火而失火。

(5) 离开实验室时，要关好电源开关。

4. 爆炸的预防

(1) 易分解的具有爆炸性的药品(如过氧化物、浓高氯酸等)，必须防止光线直射和受潮。

(2) 遵守高压钢瓶的使用规则。

四、实验室意外事故处理

(1) 玻璃割伤　应先取出伤口中的碎片，并在伤口处擦碘伏，用纱布包扎好伤口。如伤口较大，应立即就医。

(2) 烫伤　伤势不重时，可擦些烫伤油膏(如玉树油等)；伤势重时，应立即就医。

(3) 酸灼伤　酸溅在皮肤上，可先用水冲洗，然后擦碳酸氢钠油膏或凡士林。若酸溅入眼内或口内，先用水冲洗，再用 3% $NaHCO_3$ 溶液洗眼睛或漱口，并应立即就医。

(4) 碱溅伤　碱溅在皮肤上，应立即用水冲洗，然后用硼酸饱和溶液洗，再涂凡士林或烫伤油膏。若碱溅入眼内或口内，除冲洗外，应立即就医。

(5) 吸入刺激性或有毒气体(如硫化氢)而感到不适时，应立即到室外呼吸新鲜空气。

(6) 触电　应立即切断电源，必要时对伤员进行人工呼吸。

(7) 火灾　实验室发生火灾时，一般用沙土或四氯化碳灭火器或二氧化碳泡沫灭火器扑灭(某些药品，如金属钠与水作用会燃烧或爆炸，因此不可用水扑灭)。如火势小，可用湿布或沙等扑灭。但如果是电气设备着火，则必须用四氯化碳灭火器，因为这种灭火方式不导电，不会损坏仪器或使人触电，此时绝不可用水或二氧化碳泡沫灭火器。

总之，在实验室工作时应保持冷静、沉着、细心，并严格遵守实验室的操作规程和安全制度，注意安全，预防事故的发生。

第二节　化学实验基本操作

一、普通实验的基本操作

(一) 常用玻璃仪器的洗涤

为了使实验结果正确，必须将实验仪器洗涤干净。现以洗涤试管为例，说明洗涤方法：在试管内装入约 1/4 的水，摇荡片刻倒掉，再装水摇荡，倒掉。若管壁

能均匀地被水湿润而不沾水珠，可认为基本上已洗涤清洁。洗涤时也可使用试管刷。刷洗时要注意将试管刷前部的毛捏住后放入管内，以免铁丝顶端将试管戳破。如有需要，可用去污粉刷洗。

按上述方法将仪器洗净后，需要用去离子水（或蒸馏水）洗涤，以除去沾附在器壁上的普通水。洗涤的方法一般是用洗瓶（图 1-1）向仪器内壁挤入少量水，同时转动仪器或变换洗瓶水流方向，使水能充分淋洗内壁，每次用水量不需太多。如此洗涤 2～3 次后，即可使用。

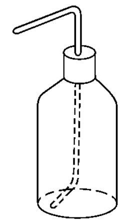


图 1-1　洗瓶

如果仪器沾污得很厉害，可先用洗液处理。在实验室中洗液常由重铬酸钾溶液和浓硫酸溶液配制而成。它具有很强的氧化性，对有机物和油污的去污能力很强。如果用洗液把仪器浸泡一段时间或者用热的（70℃左右）洗液洗，则去污效率更高。用过的洗液如果不显绿色（Cr^{3+} 离子颜色），一般仍可倒回原瓶再用（不要随便废弃）。Cr（Ⅵ）有毒，清洗残留在仪器上的洗液时，第一、二遍的洗涤水不要倒入下水道，应统一处理。洗液有强烈的腐蚀性，使用时必须小心，防止它溅在皮肤或衣服上。

有油渍的仪器，可先用热的氢氧化钠或碳酸钠溶液处理。

（二）基本度量仪器及其使用方法

1．液体体积的度量仪器及其使用方法

（1）量筒

量筒只能用来量取对体积要求不十分精确的液体。常用量筒的容量有 10 mL、25 mL、50 mL、100 mL 等，可根据需要来选用。

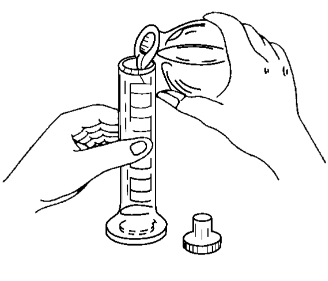


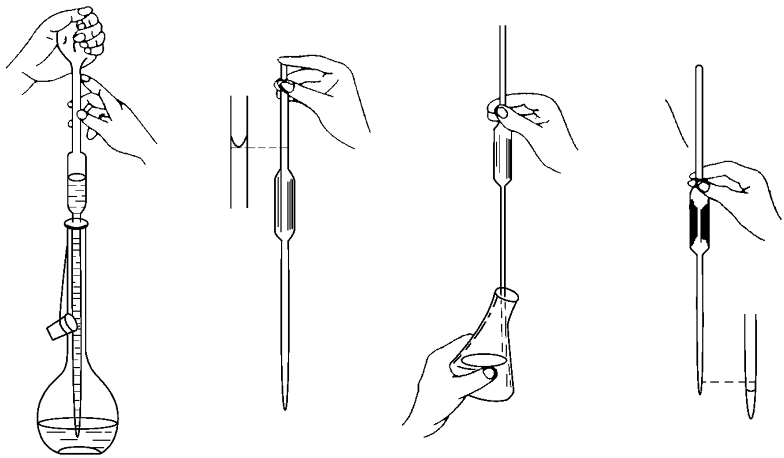
图 1-2　用量筒量取液体的操作

用量筒量取液体时，应左手持量筒，并以大拇指指示所需体积的刻度处；右手持药品（药品标签应在手心处）。瓶口紧靠量筒口边缘，慢慢注入液体（图 1-2）到所指刻度。读取刻度时，视线应与液面在同一水平面上。如果不慎倾出了过多的液体，只好把它弃去或给他人用，不得倒回原瓶。

（2）移液管

用移液管移取液体的操作方法是把移液管的尖端部分深深地插入液体中，用洗耳球把液体慢慢吸入管中[图 1-3（a）]，待溶液上升到刻度以上约 2 cm 处，立即用食指（不要用大拇指）按住管口。将移液管持直并移出液面[图 1-3（b）]，微微移动食指或用大拇指和中指轻轻转动移液管，使管内液体的弯月面慢慢下

降到标线处（注意：视线、液面、刻度均在同一水平面上），立即压紧管口。若管尖挂有液滴，可使管尖与器壁接触使液滴落下，然后将移液管移入锥形瓶中，并使管尖与容器壁接触，放开食指，让液体自由流出[图 1-3(c)]。待管内液体不再流出时，稍停片刻（约十几秒钟），再把移液管拿开。此时遗留在管内的液滴不必吹出，因为移液管的容量只计算自由流出液体的体积，刻制标线时已把留在管内的液滴考虑在内了[图 1-3(d)]。



(a) 吸液　(b) 调节液面　(c) 放出液体　(d) 遗留液滴

图 1-3　移液管的使用

移液管在使用前除分别用洗涤液、水及去离子水洗涤外，还需用少量要移取的液体润洗。可先慢慢地吸入少量洗涤水或洗涤液到移液管中，用食指按住管口，然后将移液管平持，松开食指，转动移液管，使洗涤水或洗涤液与管口以下的内壁充分接触。再将移液管持直，让洗涤水或洗涤液流出。如此反复润洗数次。

此外，为了精确地移取少量的不同体积（如 1.00 mL、2.00 mL、5.00 mL 等）的液体，也常用标有精细刻度的吸量管，它的使用方法与移液管相似。

(3) 容量瓶

容量瓶主要用来精确地配制一定体积和一定浓度的溶液。如果是用浓溶液（尤其是浓硫酸）配制稀溶液，应先在烧杯中加入一定量的去离子水，将一定体积的浓溶液，沿玻璃棒分数次慢慢地注入水中，每次加入浓溶液后，应搅拌均匀。如果是用固体溶质调制溶液，应先将固体溶质放入烧杯中用少量去离子水溶解。然后，将杯中的溶液沿玻璃棒小心地注入容量瓶中（图 1-4），再从洗瓶中挤出少量水淋洗烧杯及玻璃棒 2～3 次，并将每次淋洗的水注入容量瓶中。最后，加水