

高等学校教材

分析化学实验

鲁润华 张春荣 周文峰 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共分六个部分：分析化学实验基本知识、分析化学实验基本操作、常用分析仪器的使用、分析化学基本实验、分析化学拓展实验、分析化学综合设计实验等。本书收入基本实验 24 个，拓展实验 15 个，综合及设计实验 13 个。基本实验和拓展实验可供选择的余地较大，根据具体教学情况可分别作为必做或选做实验。综合设计实验对提高学生的综合实验技能大有益处，还可作为硕士研究生化学基本科研训练的内容。

本书可作为高等农、林院校学生的实验教材，同时，也适用于理、工、医以及化学等专业学生使用，本教材还可供从事相关专业的技术人员学习、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

分析化学实验/鲁润华，张春荣，周文峰主编. —北京：
化学工业出版社，2012. 1

高等学校教材

ISBN 978-7-122-12999-4

I. 分… II. ①鲁…②张…③周… III. 分析化学-化学
实验-高等学校-教材 IV. O652. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 261201 号

责任编辑：宋林青

文字编辑：杨欣欣

责任校对：陈 静

装帧设计：史利平

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 刷：北京云浩印刷有限责任公司

装 订：三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 229 千字

2012 年 2 月北京第 1 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：18.00 元

版权所有 违者必究

《分析化学实验》编写组

主 编：鲁润华 张春荣 周文峰

副 主 编：彭庆蓉 熊艳梅 张 莉

编写人员 （以姓氏笔画为序）：

王红梅 王金利 毛朝殊 刘 霞

李 静 张 莉 张三兵 张佩丽

张春荣 周文峰 饶震红 袁德凯

高海翔 彭庆蓉 鲁润华 熊艳梅

前 言

分析化学实验是一门独立的实践性极强的基础实验课程，是培养学生严谨的科学态度、良好的实验作风、过硬的化学实验技能与专业素质的最基础的实践环节。

本书是为深化基础课程教学改革，创建精品课程，培养适应 21 世纪社会发展需要的人才而编写的。编者根据当前教学改革的精神，结合多年的实践教学经验，以“整体优化”和“内容更新”为出发点，强化了分析化学实验课在传授基础知识、培养基本能力和提高综合素质方面的作用。

本书注重与理论教材的相互融合及互补，使实验课既自成体系，又与理论课互为依托，相辅相成，并注意实验课程和实验教材自身的衔接，强调系统性与相对独立性。

本书的编写以加强基础训练和注重能力培养为主线，按照由浅入深、循序渐进的认识规律，将所选实验分成基础实验、拓展实验、综合设计实验三个层次，旨在使学生掌握化学实验的基本常识及操作技能、充分运用分析化学基本原理，达到夯实基础、全面提高学生综合素质的效果。另外，还添加了体现学科发展动态的仪器分析实验内容，如液相色谱、液液微萃取、毛细管电泳等拓展实验，这是本书的亮点之一。同时，注重普通化学实验和分析化学实验二者之间内容的衔接，将化学物质的“制备—组成—结构—性能检测”完整地融为一体。加入学生自主设计性实验，培养学生综合运用知识的能力与创新精神。

本书共分 6 章，参加本书编写的有（按姓氏笔画）：王红梅（实验 11、12、15、35）、刘霞（实验 23）、李静（实验 9、10、30、46 之 5~7）、张莉（实验 1、2、7、16、36、40、41）、张三兵（实验 6、8、28、34、45）、张春荣（1.1、1.2、2.1~2.4、2.6~2.8、3.1、3.2、实验 4、25、31、附录）、周文峰（2.5、3.5、实验 3、4、5、13、14、19、20、44）、袁德凯（实验 19、26、33、46 之 1~4）、高海翔（实验 42）、彭庆蓉（实验 21、22、24、27、39）、鲁润华（3.3、3.4、实

验 37、38、43)、熊艳梅 (实验 17、18、29、32)。参加编写、修改的还有中国农业大学化学实验教学中心的饶震红、毛朝殊、张佩丽、王金利。全书由三位主编共同统稿和定稿。

本书在编写过程中参阅了一些兄弟院校的教材并汲取了部分内容,同时,得到了化学工业出版社及中国农业大学化学实验教学中心的大力支持和帮助,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者提出宝贵意见。

编者

2011 年 11 月于北京

目 录

分析化学实验课的任务和要求	1
1 分析化学实验基本知识	2
1.1 实验室常识	2
1.1.1 实验室规则	2
1.1.2 实验室安全规则	2
1.1.3 实验室中意外事故的紧急处理	3
1.2 化学试剂的一般知识	3
1.2.1 一般试剂	3
1.2.2 试剂的选用	4
1.2.3 试剂的保管	4
2 分析化学实验基本操作	5
2.1 玻璃仪器的洗涤及干燥	5
2.1.1 玻璃仪器的洗涤	5
2.1.2 玻璃仪器的干燥	6
2.2 化学试剂的取用方法	6
2.2.1 固体试剂的取用方法	6
2.2.2 液体试剂的取用方法	6
2.3 常用度量仪器	7
2.3.1 量筒	7
2.3.2 温度计	7
2.4 加热装置与加热方法	8
2.4.1 酒精灯	8
2.4.2 酒精喷灯	8
2.4.3 电炉、电热板、马弗炉	9
2.4.4 加热方法	9
2.5 重量分析基本操作技术	10
2.5.1 样品的溶解	10
2.5.2 试样的沉淀	11
2.5.3 沉淀的过滤和洗涤	11
2.5.4 沉淀的干燥和灼烧	15

2.6	天平与称量	17
2.6.1	天平的结构原理	17
2.6.2	托盘天平(台秤)	17
2.6.3	电子天平	18
2.7	物质的称量方法(电子天平)	19
2.7.1	直接法	19
2.7.2	固定质量称量法	19
2.7.3	差减称量法	20
2.8	滴定分析的量器与基本操作	20
2.8.1	滴定管	20
2.8.2	移液管和吸量管	26
2.8.3	容量瓶	27
3	常用分析仪器的使用	30
3.1	酸度计(pH/mV计)	30
3.1.1	测量原理	30
3.1.2	pHS-3C型酸度计	33
3.1.3	pHS-3C型精密pH计使用说明	34
3.2	分光光度计	35
3.2.1	测量原理	35
3.2.2	测定物质含量的方法	35
3.2.3	各型分光光度计简介	35
3.3	气相色谱仪	45
3.3.1	气相色谱原理	45
3.3.2	气相色谱仪器	45
3.3.3	气相色谱仪的操作	46
3.4	高效液相色谱仪	48
3.4.1	高效液相色谱法原理	48
3.4.2	高效液相色谱仪器	49
3.4.3	液相色谱仪的操作	49
3.4.4	高效液相色谱仪的正确使用和科学保养	51
3.5	高效毛细管电泳仪	51
3.5.1	高效毛细管电泳原理	51
3.5.2	毛细管电泳仪结构	52
3.5.3	毛细管电泳的分离模式	53
3.5.4	毛细管电泳仪的操作	54

4 分析化学基本实验	56
实验 1 实验用水的制备	56
实验 2 分析实验中容量仪器的校准	59
实验 3 天平称量练习	62
实验 4 酸碱滴定法操作练习	63
实验 5 酸碱标准溶液的配制	67
实验 6 NaOH 标准溶液的标定	69
实验 7 盐酸标准溶液的标定	71
实验 8 氨水中的氨含量测定	73
实验 9 食醋中总酸含量测定	75
实验 10 碱面中碱含量测定	77
实验 11 EDTA 标准溶液的配制与标定	79
实验 12 水的总硬度测定	81
实验 13 溶液中铅、铋含量的连续滴定	83
实验 14 重量法测定 BaCl ₂ 的质量分数	85
实验 15 AgNO ₃ 和 NH ₄ SCN 溶液的配制及标定	88
实验 16 可溶性氯化物中氯含量的测定	90
实验 17 KMnO ₄ 标准溶液的配制与标定	91
实验 18 双氧水中 H ₂ O ₂ 含量的测定 (高锰酸钾法)	93
实验 19 Na ₂ S ₂ O ₃ 标准溶液的配制与标定	95
实验 20 碘量法测定铜	97
实验 21 分光光度法测试样中铁含量	100
实验 22 电位滴定法测定醋酸含量及其解离常数	104
实验 23 氯电极测水中氯含量	107
实验 24 氟电极测水中氟含量	110
5 分析化学拓展实验	113
实验 25 酱油中氨基酸态氮含量的测定	113
实验 26 甲醛法测定硫酸铵中的氮含量	116
实验 27 铝、锌合金中 Al、Zn 含量测定	118
实验 28 土壤中 SO ₄ ²⁻ 含量的测定	121
实验 29 水中化学耗氧量(COD)的测定(高锰酸钾法)	123
实验 30 石灰石中钙含量的测定	126
实验 31 无汞法测定铁矿石中铁的含量(K ₂ Cr ₂ O ₇ 法)	128
实验 32 维生素 C 含量的测定(氧化还原滴定法)	131
实验 33 漂白粉中有效氯的测定	133

实验 34	水果中维生素 C 含量测定 (紫外光谱法)	134
实验 35	荧光法测定奎宁的含量	136
实验 36	原子吸收法测头发中 Zn 含量	138
实验 37	气相色谱法测定马拉硫磷原药有效成分	140
实验 38	高效液相色谱法分离几种水溶性维生素	142
实验 39	蔬菜中 β -胡萝卜素的分离及含量测定	144
6	分析化学综合设计实验	146
实验 40	酱油中防腐剂含量的测定	146
实验 41	三草酸合铁酸钾的制备、组成分析及性质实验	148
实验 42	基于离子液体的分散液-液微萃取技术在自来水农药 残留分析中的应用	151
实验 43	高效毛细管电泳分离核苷酸	158
实验 44	硫磷混酸中组分含量的测定	160
实验 45	气相色谱法测定伤痛平膏中水杨酸甲酯	161
实验 46	设计实验	163
附录		165
参考文献		177

分析化学实验课的任务和要求

分析化学是一门实践性非常强的学科，分析化学实验的内容与分析化学及无机化学紧密相连，并具有自己的特点，因此分析化学实验作为一门独立的课程开设。

通过本课程的学习，学生可以加深对分析化学基本概念和基本理论的理解；在了解无机物的一般分离、提纯及制备方法的基础上，熟悉物质组成含量的各种分析方法；正确和熟练地掌握常用仪器的使用、基本操作和技能；树立准确的“量”的概念；学会正确获取实验数据、正确处理数据和表达实验结果；培养独立思考、独立解决问题的能力及良好的实验素养，为后续课程的学习、参加科学研究及实际工作打下坚实的基础。

为了学好实验课内容，学生应注意以下事项。

1. 课前预习

实验课前应认真预习，明确实验目的和要求，弄清实验原理及方法，了解实验步骤和注意事项，做到心中有数。预先写好实验报告的有关内容，列好表格，查好有关数据。

2. 实验过程中做到

① 实验时严格按照规范操作进行，仔细观察现象，认真思考，学会运用所学理论知识解释实验现象，解决实验中出现的問題。

② 认真及时地记录实验现象及测量数据。一切测量的原始数据均应真实地记录在实验报告本上，不得随意乱记和涂改。

③ 严格遵守实验室规则，注意安全操作。要随时保持实验台面及整个实验室的清洁整齐。

④ 养成严谨的科学态度和实事求是的科学作风，切不可弄虚作假，随意修改数据。如遇实验失败或产生的误差较大时，应找出原因，经教师同意后重做实验。

3. 实验报告

实验报告是实验的记录和总结，实验完毕，应认真写好实验报告。实验报告格式应规范，字迹应端正、整齐、清洁。

1 分析化学实验基本知识

1.1 实验室常识

1.1.1 实验室规则

为维护实验室的正常秩序，保证实验顺利进行，防止发生意外事故，必须严格遵守实验室规则。

① 实验室要保持安静，不得嬉戏喧哗。

② 实验台面要保持清洁，台面及实验柜内的仪器要摆放整齐。实验完毕，应及时洗净所用仪器，不应收藏不干净的仪器，因为污物干涸后，洗涤就比较困难。

③ 保持水槽干净，切勿往水槽中乱扔杂物。火柴头、废纸片、碎玻璃等应投入废物箱，废酸和废碱应小心倒入废液缸内。

④ 要爱护试剂。称取药品后，及时盖好原瓶盖，放回原处；所有配好的试剂都要贴上标签，注明名称、浓度及配制日期。注意节约药品、水、电和煤气。

⑤ 要爱护实验室的仪器设备。损坏仪器应及时补领或赔偿。使用精密仪器时，应严格遵守操作规程，不得任意拆装和搬动。用毕，应登记，请教师检查签字。

⑥ 实验完毕，应请教师检查仪器、桌面，交报告本，然后离开实验室。学生轮流值日，负责打扫和整理实验室。最后应检查自来水和煤气开关是否关紧，电源是否切断。关闭窗口。经教师检查合格后，值日生方可离开实验室。

1.1.2 实验室安全规则

在分析化学实验中，经常使用易碎的玻璃仪器，易燃、易爆、有腐蚀和有毒性的化学药品，电器设备及煤气等。如操作不当，则会影响实验的正常进行，甚至危及人身安全，给国家财产造成重大损失。因此，必须严格遵守实验室规则。

① 实验室严禁饮食、吸烟，一切化学药品禁止入口。实验完毕应洗手。

② 使用电器设备应特别细心，切不可用湿润的手去开启电闸和电器开关。凡是漏电的仪器不要使用，以防触电。电源打开后，如发觉无电必须立即关闭。

③ 使用铬酸洗液、浓酸、浓碱、溴等强腐蚀性试剂时，切勿溅在皮肤和衣服上。如溅到身上应立即用水冲洗，溅到实验台上或地上时要用水稀释后擦掉。

要注意保护眼睛，必要时应戴上防护眼镜。

④ 遇有下列情况，应在通风橱内操作：使用 HNO_3 、 HCl 、 HClO_4 、 H_2SO_4 等浓酸及实验过程中产生有刺激性或有毒气体（如 H_2S 、 Cl_2 、 Br_2 、 NO_2 、 CO 等）。

⑤ 使用剧毒药品如 KCN 、 As_2O_3 、 HgCl_2 时，应格外小心！用过的废液切不可倒入下水道或废液桶中，要回收集中处理。

⑥ 使用乙醚、乙醇、丙酮、苯等易燃有机试剂时，应远离火源，用后盖紧瓶塞，置阴凉处保存。钾、钠和白磷等在空气中易燃烧的物质，应隔绝空气存放。钾、钠保存在煤油中，白磷保存在水中，取用时应使用镊子。

⑦ 加热试管中的液体时，切不可将管口对着自己或他人，也不可俯视正在加热的液体，以防液体溅出伤人。不可用鼻子直接对着瓶口或试管口嗅闻气体的气味，应当用手轻轻扇动使少量气体逸出进行嗅闻。

1.1.3 实验室中意外事故的紧急处理

实验过程中如不慎发生意外事故，应及时采取救护措施，处理后受伤严重者应立即上送医院医治。

① 酸腐伤 马上用大量水冲洗，然后用饱和 NaHCO_3 溶液或肥皂水冲洗，最后再用水冲洗。如果酸液溅入眼内，应立刻用大量水冲洗，然后用 2% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液洗眼，最后再用蒸馏水冲洗。

② 碱腐伤 先用大量水冲洗，然后用 2% HAc 溶液冲洗，最后用水冲洗干净并涂敷硼酸软膏。如果碱液溅入眼内，应马上用大量水冲洗，再用 3% H_3BO_3 溶液冲洗，最后用蒸馏水冲洗。

③ 溴腐伤 用乙醇或 10% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液洗涤伤口，再用水冲洗干净，然后涂敷甘油。

④ 磷灼伤 先用 5% CuSO_4 溶液或 KMnO_4 溶液洗涤伤口，然后用浸过 CuSO_4 溶液的绷带包扎。

⑤ 烫伤 切不可用水冲洗，应在烫伤处涂烫伤膏或万花油。

⑥ 割伤 马上用消毒棉棒揩净伤口，涂上红药水，洒上消炎粉或敷上消炎膏并用绷带包扎。

⑦ 吸入刺激性或有毒气体 吸入 Br_2 、 Cl_2 、 HCl 等气体时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒。若吸入 H_2S 气体而感到不适时，应马上到室外呼吸新鲜空气。

⑧ 触电 立即切断电源。必要时进行人工呼吸。

⑨ 起火 根据起火原因立即采取灭火措施。首先切断电源，移走易燃药品。有机溶剂和电器设备着火，马上用四氯化碳灭火器、专用防火布、干粉等灭火，切不可用水或泡沫灭火器灭火。

1.2 化学试剂的一般知识

1.2.1 一般试剂

实验室最普遍使用的试剂为一般试剂，可分为四个等级，其规格及适用范围见

表 1-1。

表 1-1 一般试剂规格及用途

级别	中文名称	英文标志	标签颜色	主要用途
一级	优级纯	GR	绿	精密分析实验
二级	分析纯	AR	红	一般分析实验
三级	化学纯	CP	蓝	一般化学实验
生物化学试剂	生化试剂生物染色剂	BR	咖啡色或玫瑰色	生物化学及医学化学实验

指示剂也属于一般试剂。此外，还有标准试剂、高纯试剂、专用试剂等。

按规定，试剂瓶的标签上应标示试剂名称、化学式、分子量、级别、技术规格、产品标准号、生产许可证号（部分常用试剂）、生产批号、厂名等，危险品种和毒品还应给出相应的标志。

1.2.2 试剂的选用

应根据实验要求，本着节约的原则，合理选用不同级别的试剂。在能满足实验要求的前提下，尽量选用低价位的试剂。

1.2.3 试剂的保管

试剂应保存在通风、干燥、洁净的房间里，防止污染或变质。氧化剂、还原剂应密封、避光保存。易挥发和低沸点试剂应置于低温阴暗处。易侵蚀玻璃的试剂应保存于塑料瓶内。易燃易爆试剂应有安全措施。剧毒试剂应由专人妥善保管，用时严格登记。

2 分析化学实验基本操作

2.1 玻璃仪器的洗涤及干燥

2.1.1 玻璃仪器的洗涤

分析化学实验中经常使用各种玻璃器皿，洗净的玻璃器皿应透明，其内壁应能被水均匀地润湿而不挂水珠。

一般的器皿如烧杯、试剂瓶、锥形瓶等可用自来水或适当的洗涤液浸泡刷洗，污染严重时可用热的洗涤剂水溶液刷洗，然后用自来水冲洗，最后用少量蒸馏水冲洗内壁2~3次，以除去残留的自来水。自来水和蒸馏水都应按少量多次的原则使用。

滴定管、容量瓶、移液管等，由于其容量精确、形状特殊，不宜用普通刷子机械地摩擦其内壁（可用专用刷）。通常是用铬酸洗液浸泡内壁，然后依次用自来水和蒸馏水冲洗，其外壁用毛刷沾去污粉刷洗。

光度分析用的吸收池（比色皿）被有色溶液或有机试剂染色后，应用盐酸-乙醇洗涤液浸泡内外壁后再用自来水及蒸馏水洗净。

2.1.1.1 常用洗涤剂

(1) 去污粉

去污粉是实验室最普通的洗涤剂，一般的器皿可用毛刷沾去污粉反复刷洗。

(2) 铬酸洗液

称取 25g 工业用或化学纯 $K_2Cr_2O_7$ 置于烧杯中，加 50mL 水，加热搅拌，溶解后，边搅拌边缓慢沿杯壁加入 450mL 工业用浓 H_2SO_4 （注意：刚开始加 H_2SO_4 要特别缓慢，防止剧烈放热而溅出，最好带上橡胶手套操作），冷却后转入细口玻璃试剂瓶中，盖紧。新配好的洗液呈棕红色。铬酸洗液具有强氧化性和强酸性，适于洗去无机物和某些有机物。使用时应注意：

① 太脏或盛过有机物的仪器应先用自来水洗一遍。加洗液前应尽量倒尽仪器内的水，以防洗液被稀释。

② 洗液可反复使用，用后倒回原瓶并盖紧，以防吸水。当洗液由棕红色变为绿色（ Cr^{3+} 颜色）时，即失效。可再加入适量 $K_2Cr_2O_7$ ，加热溶解后可继续使用。

③ 洗液腐蚀性很强，使用时应特别小心，不要溅在手、衣物、实验台或地上，一旦溅上，应马上用自来水冲洗擦净。

④ 六价铬毒性较大，大量使用会污染环境。能用其他洗涤剂洗净的仪器尽量不使用铬酸洗液。

(3) 酸

由化学纯盐酸与水按 1 : 1 的体积比混合, 亦可加入少量草酸。该液为还原性强酸洗涤剂, 用于洗去多种金属氧化物和金属离子。

(4) 盐酸-乙醇溶液

由化学纯盐酸与乙醇按 1 : 2 的体积比混合, 主要用于洗涤被染色的吸收池、比色管、吸量管等。

2.1.1.2 用超声波洗涤

超声波清洗只需要一次处理即能达到要求, 既节省溶剂, 提高效率, 又减少环境污染, 目前应用范围较广。超声波清洗仪型号各异, 可根据需要进行选择。

2.1.2 玻璃仪器的干燥

如果洗净的玻璃仪器需要干燥, 可采用下述几种方法:

① 用丙酮、乙醇等有机溶剂快速干燥 对于不能用高温加热方法干燥的、带有刻度的容量仪器, 如移液管、吸量管、容量瓶、滴定管等, 如需干燥时, 可将仪器用少量丙酮或酒精等有机溶剂淋洗一遍后, 倾出含水混合液 (应回收), 晾干。

② 吹干 用电吹风机热风直接吹干。

③ 晾干 不急用的仪器, 可将其洗净后倒置于洁净的仪器架上晾干。

④ 烘干 把洗净的仪器放在电热烘箱中, 温度控制在 105℃ 左右烘干。此法不能用于精密度高的容量仪器。待烘干的仪器放入烘箱前应尽量把水倒净, 并在烘箱的最下层放一个搪瓷盘, 防止仪器上滴下的水珠落入电热丝中, 烧坏电热丝。

⑤ 烤干 能加热的仪器可以直接在煤气灯上小火烤干。该法适用于试管、烧杯、蒸发皿等。

2.2 化学试剂的取用方法

2.2.1 固体试剂的取用方法

固体试剂的取用一般用牛角匙或不锈钢匙。匙使用前应洗净擦干。取用试剂时应专匙专用, 千万不可交叉使用。匙的两端一大一小, 取量大时用大匙一端, 取量少时用小匙一端。取用完试剂后应立即盖严瓶塞, 将试剂瓶放回原处。

在台秤或分析天平上称量固体试剂时, 试剂不能直接放在称盘上, 应垫上纸或表面皿。对于腐蚀性或易潮解的固体试剂应放在表面皿或小烧杯中称量。试剂量应按要求称取, 不要多称, 以免造成浪费。

2.2.2 液体试剂的取用方法

从细口试剂瓶中倒取液体试剂时, 一般用左手拿住盛接容器 (试管或量筒等), 右手掌心向着标签握住试剂瓶, 让瓶口紧靠盛接容器的边缘慢慢倾倒 (图 2-1)。倒够所用试剂量时, 试剂瓶口应在容器上靠一下, 再使瓶子竖直, 这样可使试剂瓶

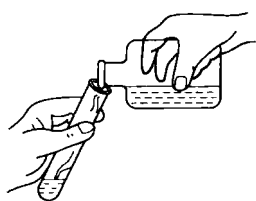


图 2-1 往试管中倒取液体试剂

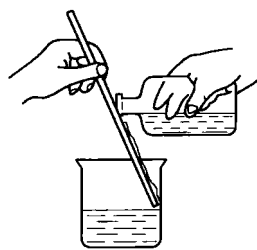


图 2-2 往烧杯中倒入液体试剂

口残留的试剂顺着盛接容器的内壁流入容器内，而不致沿试剂瓶外壁流下。如盛接容器是烧杯，则应左手持玻璃棒，让试剂瓶口靠在玻璃棒上，使溶液顺玻璃棒流入烧杯。倒毕，应将试剂瓶顺玻璃棒向上提一下再离开玻璃棒，使瓶口残留的溶液顺玻璃棒流入烧杯（图 2-2）。

从滴瓶中取用试剂时，应先将滴管提至液面以上，挤压胶头排出空气，然后再伸入液体中，放松胶头吸入试剂，取出滴管。滴管管尖垂直放在试管口上方，挤压胶头，使溶液垂直滴入试管中。试管应垂直不要倾斜。滴管不可伸入试管内，以免沾污滴管（图 2-3），滴管用毕要立即插回原瓶，要专管专用。滴管不可取出倒置，以免其中的溶液流入胶头而被污染，更不可随意乱放和用自己的滴管随意去取滴瓶中的试剂，以免沾污或搞错。

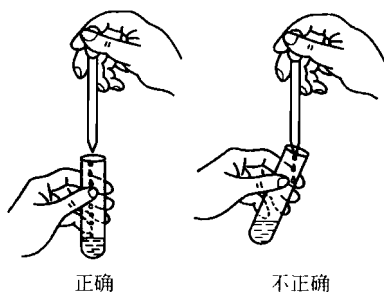


图 2-3 往试管中滴加液体试剂

2.3 常用度量仪器

2.3.1 量筒

量筒是用以量取液体体积的仪器。可根据不同的需要选用不同容量的量筒。应使所量取溶液的体积与量筒的容量相接近。如量取 8.0mL 的液体时，应使用 10mL 的量筒，产生的测量误差为 $\pm 0.1\text{mL}$ 。如使用 100mL 的量筒，则会产生 $\pm 1\text{mL}$ 的测量误差。

使用量筒量取液体体积读数时，应使视线与量筒内凹液面下缘最低点处于同一水平切线上（图 2-4）。

2.3.2 温度计

实验室中常用水银温度计测温。水银温度计是把水银封固于玻璃毛细管中制成的。常用的三种规格为 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 250^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 360^{\circ}\text{C}$ ，精度为 0.1°C 。刻度为 0.1°C 的温度计精度为 0.01°C 。

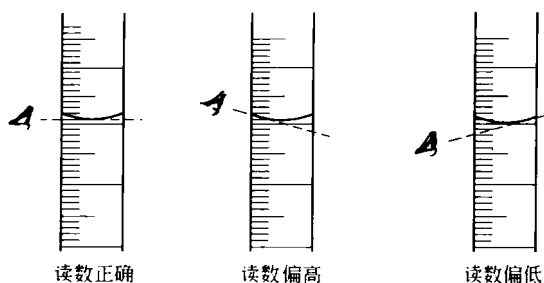


图 2-4 量筒的读数方法

边加热液体边测其温度时，应将温度计固定在一定位置上，使水银球完全浸入液体中。不可使水银球靠在容器壁上或接触容器底部。

不可将温度计当搅棒使用；刚测过高温的温度计不可马上用冷水冲洗，以免玻璃炸裂；温度计应轻拿轻放，以免打碎。温度计用毕要及时装入温度计套中。

温度的标尺或温标，一般用两个固定的温度点：在 101325Pa 下冰的熔点和水的沸点。在摄氏温标中，冰的熔点为 0°C ，水的沸点为 100°C ；在热力学温标中，冰的熔点为 273.15K ，水的沸点为 373.15K 。两点间均分为 100 等分。

应避免用水银温度计测量过高或过低的温度，因为玻璃的软化点约为 450°C ，而水银在常压下的凝固点为 -39°C ，沸点为 365.7°C 。一般使用电阻温度计或热电偶温度计测量较高的温度。

2.4 加热装置与加热方法

实验室中常采用各种灯具和电热设备作为加热装置。

2.4.1 酒精灯

因大家都比较熟悉其使用，在此不再赘述。

2.4.2 酒精喷灯

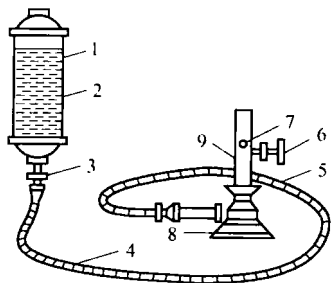


图 2-5 酒精喷灯

- 1 酒精；2 酒精贮罐；3 活塞；
- 4 橡皮管；5 预热盆；6 开关；
- 7 气孔；8 灯座；9 灯管

酒精喷灯（图 2-5）的燃料是酒精，它是先将酒精汽化后与空气混合才燃烧的，其火焰温度可达 900°C 左右。

挂式酒精喷灯构造如图 2-5 所示。用时把酒精贮罐挂在 1.5m 高的地方。灯管下部为一预热盆，盆的下方有一支管，通过橡皮管与挂在高处的酒精贮罐相通。使用时操作步骤如下：

- ① 打开活塞 3，使预热盆 5 中装满酒精。
- ② 点燃预热盆中酒精，烧热灯管，当盆中酒精近干时，灯管已被灼热。