

第一部分
实验目的和常识

一、化学实验的目的和学习方法

(一) 化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的自然科学。实验是大学化学课程不可缺少的一个重要组成部分,是培养学生动手、观察、分析和解决问题等多方面能力的重要环节。通过化学实验应达到以下目的:

(1) 巩固和加深课堂所学的理论知识,并适当扩大知识面,训练理论联系实际和分析、解决问题的能力。

(2) 培养学生正确地掌握化学实验基本操作技能和正确地使用常用仪器,且培养学生独立操作及动手能力。

(3) 通过实验现象的观察分析、测试数据的处理和撰写报告,使学生学会理论联系实际和独立思考,培养科学的思维方法。

(4) 培养严格认真、实事求是的科学态度,养成准确细致、整齐清洁的良好习惯,使学生逐步掌握科学研究的方法。

(二) 化学实验的学习方法

要达到实验预期的目的,必须有正确的学习态度和学习方法。就共性而言,化学实验的学习方法主要有以下几点:

1. 课前预习

预习是实验课前必须完成的准备工作,是做好实验的前提,为了确保实验质量,预习应达到下列要求:

(1) 阅读实验教材和理论课教材的有关内容,明确本次实验的目的和全部内容,弄清有关原理。

(2) 了解实验操作过程和实验注意事项。

(3) 查出与实验有关的数据,列出简明的操作步骤和方法,写出预习报告。

2. 认真操作

根据实验教材上所规定的方法、步骤和试剂用量来进行操作,并应做到下列几点:

(1) 严格按照教材认真操作,细致观察实验现象,并如实做好记录。

(2) 若发现意外现象,应独立思考、分析,查找原因,有疑问时可互相讨论或询问老师,并重做实验。

(3) 对于设计性实验,方案要合理,现象要清晰。若在实验中发现设计方案存在问题时,应找出原因,及时修改方案,直至达到实验要求。

- (4) 严格遵守实验室工作规则，注意安全，实验中应保持安静和实验台整洁。
- (5) 实验完毕后，必须经过老师检查并签字后，方可离开实验室。

3. 写好报告

实验课后，按时完成实验报告，具体要求如下：

- (1) 简述实验有关原理和主要反应方程式。
- (2) 实验步骤要简明扼要、清晰明了、尽量采用表格、框图、符号等形式表示。
- (3) 实验现象要描述准确清楚，数据记录要正确完整，绝不允许主观臆造或弄虚作假。
- (4) 对实验现象要加以简明的解释，写出主要的反应方程式，并做出结论。
- (5) 定量实验要准确计算结果，并列出了有关计算公式，最后要计算百分误差且分析误差原因。
- (6) 实验报告应文字简练，书写整洁，结构完整。

二、化学实验守则和安全守则

(一) 化学实验守则

(1) 实验前必须进行充分预习，要求如下：

- 1) 了解本实验目的、实验原理及实验的主要内容。
- 2) 了解实验所用仪器的正确操作方法和注意事项。
- 3) 在预习基础上写出预习报告。预习报告包括实验目的、简单原理、实验步骤及数据记录等。并交指导教师检查。

(2) 到实验室后首先熟悉实验室环境、布置和各种设施的位置，清点仪器。

(3) 应在指定位置进行实验，保持室内安静，不大声谈笑。实验过程中应细心观察现象，认真并实事求是地记录实验现象和测量数据。积极思考，独立完成各项实验任务。

(4) 实验仪器是国家财物，务必爱护，谨慎使用。

- 1) 使用玻璃仪器要小心谨慎，如有损坏要报告教师，并根据情况予以适当赔偿。
- 2) 使用精密仪器时，必须严格按照操作规程，遵守注意事项。若发现异常情况或故障，应立即停止使用，报告教师，找出原因，排除故障后再进行使用。

(5) 使用试剂时应注意下列几点：

1) 试剂应按实验指导书中规定的规格、浓度和用量取用，以免浪费。若实验指导书中未规定用量或自行设计的实验，应尽量少用试剂，注意节约。

2) 取用固体试剂时，勿使其撒落在实验容器外。

3) 公用的试剂在使用后应立即放回原处。

4) 试剂瓶的滴管和瓶塞是配套使用的，用后立即放回原瓶，避免“张冠李戴”。

5) 使用试剂时要遵守正确的操作方法，避免污染试剂。

(6) 指定回收的药品，要倒入回收瓶内，未指定回收的废液或残渣要倒入废液缸内，不可倒入水槽，废纸等应扔入纸篓内，以免腐蚀和堵塞下水道。

(7) 注意安全操作，遵守安全守则。

(8) 实验完毕应将仪器洗净，放置整齐并请教师检查。实验数据及记录须经教师当场审阅方可离开实验室。实验报告应按期完成并交教师批阅。

(9) 值日生负责清扫实验室，关闭水、电、气总阀，经教师同意后再离开实验室。

(二) 化学实验室安全守则

化学实验室中许多试剂易燃、易爆、具有腐蚀性或毒性，存在着不安全因素，所以进行化学实验时，必须重视安全问题，绝不可麻痹大意。实验过程中，要严格遵守下列安全守则：

- (1) 实验室内严禁吸烟、饮食、大声喧哗、打闹。
- (2) 不得任意混合各种试剂药品，以免发生意外事故。

(3) 对于产生有毒和有刺激性气体的实验，应在有通风设备的地方进行。嗅闻气体时，应用手轻拂气体，把少量气体扇向自己再闻，不能将鼻孔直接对着瓶口。

(4) 对于含有易挥发和易燃物质的实验，必须在远离火源的地方进行。最好在通风橱内进行。

(5) 加热试管时，不要将试管口对着自己或他人，也不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出受到伤害。

(6) 洗液、浓酸和浓碱等具有强腐蚀性，应避免洒在衣服和皮肤上，以免灼伤。

(7) 使用汞盐、铅盐、砷盐、氰化物和氟化物等有毒物质时，要严防进入口内或接触伤口，也不能随便倒入水槽，应回收处理。

(8) 稀释浓硫酸时，应将浓硫酸慢慢注入水中，并不断搅动。切勿将水倒入浓硫酸中，以免迸溅，造成灼伤。

(9) 不要用湿手触摸电器设备，以防触电。用电应遵守用电规程。

(10) 实验室所有仪器和药品（包括制备的产品）不得带出室外，用毕应放回原处。

(11) 实验结束后，应将实验台面整理干净，洗净双手，关闭水、电、气、门、窗等，确保安全。

三、化学实验中意外事故的处理

(1) 若因酒精、苯或乙醚等起火，应立即用湿布或砂土（实验室应备有灭火砂箱）等扑灭。若遇电器设备着火，必须先切断电源，再用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。

(2) 遇有烫伤事故，可用高锰酸钾或苦味酸溶液揩洗灼伤处，再擦上凡士林或烫伤油膏。

(3) 若在眼睛或皮肤上溅上强酸或强碱，应立即用大量水冲洗。但若是浓硫酸，则应先用干布擦去，然后用大量水冲洗，再用 3%碳酸氢钠溶液（或稀氨水）洗。若碱灼伤，需用 2%醋酸溶液或硼酸洗最后涂些凡士林。

(4) 氢氟酸烧伤皮肤时，先用 10%碳酸氢钠溶液（或 2%氯化钙溶液）洗涤，再用两份甘油与 1 份氧化镁制成的糊状物涂在纱布上掩盖患处，同时在烧伤的皮肤处注射 10%葡萄糖溶液。

(5) 四氯化碳有轻度麻醉作用，对肝和肾有严重损害，如遇中毒症状（恶心、呕吐），应立即离开现场，按一般急救处理，眼和皮肤受损害时，可用 2%碳酸氢钠溶液或 1%硼酸溶液冲洗。

(6) 金属汞易挥发，它通过人的呼吸进入人体内，逐渐积累会引起慢性中毒，所以不能把汞洒落在桌上或地上，一旦洒落，必须尽可能收集起来，并用硫磺粉盖在洒落的地方，使汞转变成不挥发的硫化汞。

(7) 一旦毒物进入口内，可把 5~10 mL 稀硫酸铜溶液加入一杯温水中，内服后，用手指伸入咽喉部，促使呕吐，然后立即送医院。

(8) 若吸入氯气、氯化氢气体，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒；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。

(9) 被玻璃割伤时，伤口若有玻璃碎片，须先挑出，然后抹上红药水并包扎。

(10) 遇有触电事故，应切断电源，必要时进行人工呼吸，对伤势较重者，应立即送医院。

四、化学实验的基本操作

(一) 试剂的取用

1. 液体试剂的取法

(1) 从细口试剂瓶取用试剂的方法。

取下瓶塞把它放在台上。用左手握住容器，右手拿起试剂瓶，注意试剂瓶上的标签对着手心，倒出所需量的试剂（如图 1-1）。倒完后，将试剂瓶口在容器上靠一下，以免留在瓶口上的试剂流到试剂瓶外壁。必须注意倒完试剂后，瓶塞须立即盖在原来的试剂瓶上，把试剂瓶放回原处。

(2) 从滴瓶中取用少量试剂的方法。

瓶上装有滴管的试剂瓶称为滴瓶。滴管上部装有橡皮乳头，下部为细长的管子。使用时，提起滴管，使管口离开液面。用手指紧捏滴管上的橡皮乳头，以赶出滴管中的空气，然后把滴管伸入试剂瓶中，放开手指，吸入试剂，再提起滴管，将试剂滴入所需容器内。

使用滴瓶时，必须注意：

1) 将试剂滴入试管时，必须将滴管悬空地放在靠近试管口的上方使试剂滴入（如图 1-2）。绝对禁止将滴管伸入试管中，否则，滴管的管端将很容易碰到试管壁上而沾附了其他溶液；如果再将此滴管放回试剂瓶中，则试剂将被污染，不能再应用。

2) 滴瓶上的滴管只能专用，不能和其他滴瓶上的滴管混淆。因此，使用后，应立刻将滴管插回原来的滴瓶中。

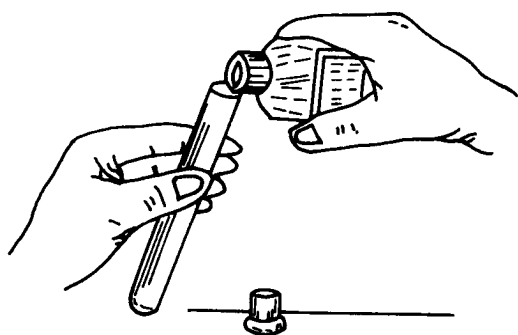


图 1-1 细口试剂瓶的操作法

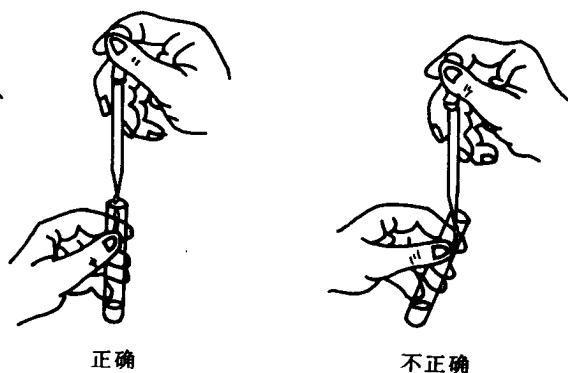


图 1-2 用滴管将试剂加入试管中

2. 固体试剂的取用

固体试剂一般都用药勺取用。药勺两端为大小两个勺，根据所取药量而选取。使用药勺，必须保持干燥、洁净。

(二) 酒精灯的使用

酒精灯一般是玻璃制的，灯罩带有磨口。不用时，必须将灯罩罩上，以免酒精挥发。酒精易燃，使用时必须注意安全。

点燃时应用火柴点燃，切不可用燃着的酒精灯直接去点燃。否则灯内的酒精将会洒出，易引起火灾。

酒精灯内需要添加酒精时，应把火焰熄灭，然后利用漏斗把酒精加入灯内，但应注意灯内酒精不宜装得太满，一般以不超过其总容量的 $2/3$ 为宜。

熄灭酒精灯火焰时，用灯罩盖灭，切勿用嘴吹。用灯罩盖灭火焰后，再将灯罩提起，待灯稍冷后再盖上，以防灯口破裂。

(三) 试管的加热

加热试管中的液体时，液体量一般不得超过试管容积的 $1/3$ 。加热时，试管稍微倾斜，管口向上，先使试管均匀受热，然后再在试管底部加热。为避免试管内液体溅出伤人，管口不要对着人。

(四) 玻璃仪器的洗涤

为了使实验得到正确的结果，实验仪器必须洗干净，已洗净的玻璃仪器壁上，只留下一薄层均匀的水膜，而不挂水珠。一般洗涤方法如下：

(1) 在试管(或量筒)内，倒入约占试管(或量筒)总容量 $1/3$ 的自来水，振摇片刻，倾出。倒入同量的自来水，再振摇片刻后，倒掉。然后用少量蒸馏水洗涤一次(必要时可增加冲洗次数)即可用来做实验。

(2) 试管用水不能冲洗干净时，可用试管刷刷洗。注意试管刷在盛水的试管里转动和上下移动时，用力不可过猛，以防把试管底捅破。

(3) 若试管或玻璃仪器内壁附有油污，需先用去污粉或肥皂擦洗，再用自来水冲洗，最后用蒸馏水洗涤 $1\sim 2$ 次才可使用。

(五) 量筒的使用

量筒是量取液体试剂的量具。其容量分为 10 mL , 50 mL , 100 mL , 500 mL 等数种。使用时，要把量取的液体注入量筒中，手拿量筒的上部，让量筒竖直，使量筒内液体凹面的最低处与视线保持水平，然后读出量筒上的刻度，即得液体体积(如图 1-3)。

在某些实验中，如果不需要十分准确地量取试剂，可以不必每次都用量筒，只要学会估计从试剂瓶内倒出液体的量即可。

(六) 台秤的使用

台秤（也称粗天平或托盘天平）的构造如图 1-4 所示。

台秤是用来称量 0.5~1 000 g 物体质量的仪器，它能准确称量至 0.1 g。使用台秤前先观察台秤两盘是否平衡（平衡时指针应指在刻度板的零点），如不平衡可以调节平衡螺丝使之平衡。

(1) 称量器皿时，把待称的物品放在左盘，然后在右盘依次添加砝码（5 g 以下可以用游码），直到两盘平衡为止，记录砝码的重量，再将砝码放回砝码盒中各自的原位置上。

(2) 称量药剂时，若药品是固体，可取相等重量的两片纸分别放在左、右两盘上，先在右盘放上所需要重量的砝码，然后再在左盘纸上逐渐添加药品，至两盘平衡为止。

使用时，必须注意：

(1) 天平盘必须保持清洁。任何药品或潮湿、不干净的物体都不能直接放在盘上，有腐蚀性的药品（如氢氧化钠、碘片等）应放在容器内称量。

(2) 同一实验的几次称量应该用同一架台秤同一套砝码，两盒砝码不得混用。因此，称完后必须立即将砝码放入原盒内原来的位置上。使用砝码时，不能用手直接拿取，要用镊子夹取。

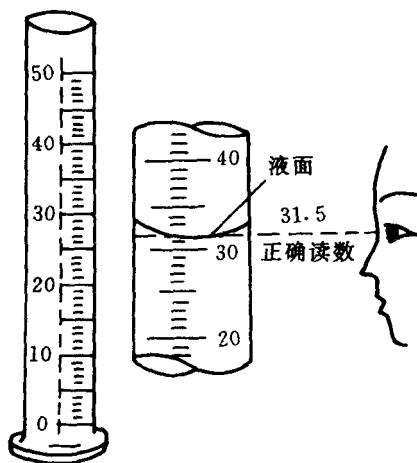


图 1-3 量筒及其读数

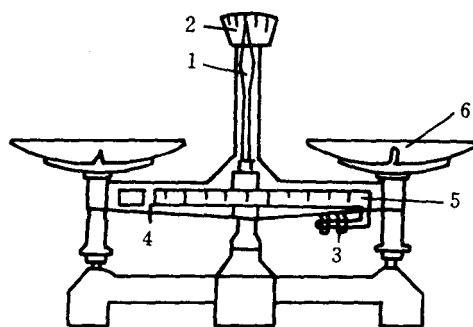


图 1-4 台秤

1—指针 2—刻度板 3—调节零点的平衡螺丝
4—游码 5—刻度标尺 6—秤盘

(七) 移液管的使用

移液管用于吸取和放出一定体积的溶液，有单刻度和复刻度等多种规格。使用前应仔细洗净，并用少量待吸溶液洗涤 2~3 次以除去留在管内的水分，保证被吸溶液的浓度不变。

吸取溶液时，用右手大拇指和中指拿住移液管上部，将移液管下部深深地插入溶液，注意不要接触容器底。然后左手用洗耳球将溶液吸至刻度以上，迅速用食指堵住移液管上口，提高移液管，使其下部尖端与瓶颈内壁接触，稍微放松食指（不要离开），让溶液慢慢流出，调节液面的弧形与刻度相切（注意眼睛与刻线在同一水平上）立刻压紧上口，不再让溶液流出。将移液管垂直放入接受溶液的容器中，管尖与容器内壁接触，放松食指让溶液流下（使用移液管手法如图 1-5）。流毕，等候约 15 s，取出移液管。残留管尖的溶液，在校正刻线时已经考虑，不计在流出体积之内，所以不必吹出。

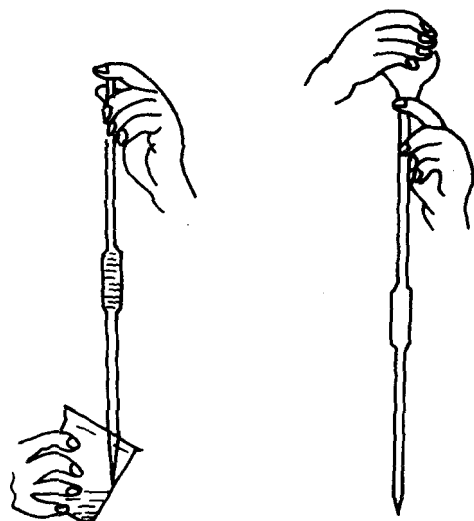


图 1-5 移液管的使用

(八) 滴定管的使用

滴定管是用来准确测量管内流出的液体体积的仪器。准确测量到毫升数的第二位小数。常见的滴定管容量为 50 mL, 25 mL。每一大格为 1 mL。每大格又分为 10 小格，每小格为 0.1 mL。在读数时，两小格之间应估计出一位数，所以滴定管能测量至 0.01 mL。

滴定管分为酸式和碱式两种（如图 1-6）。酸式滴定管下端带有玻璃旋塞，以控制溶液的流速。用它来盛放酸类溶液或氧化性溶液，不能盛放碱类溶液。这是因为磨口玻璃旋塞会被碱类溶液腐蚀，放置久了会被黏住。碱式滴定管下端连接一软橡胶管，内放一玻璃球，以控制溶液的流速。用它来盛放碱类溶液，不能盛放氧化性的溶液，如 KMnO_4 , I_2 等，以避免与橡皮管起反应。

使用酸式滴定管前，先检查旋塞是否漏水，如果漏水或旋塞旋转不灵活，则将旋塞取下洗净，用滤纸将水吸干，然后分别在旋塞的粗端及旋塞套的细端（避开小孔）涂上很薄的一层凡士林（勿使凡士林堵住小孔或管尖），再将旋塞塞紧后旋转，使凡士林均匀涂在磨口上，呈透明状为止。用橡皮圈套住尾部，以防脱落。最后再检查旋塞是否漏水。

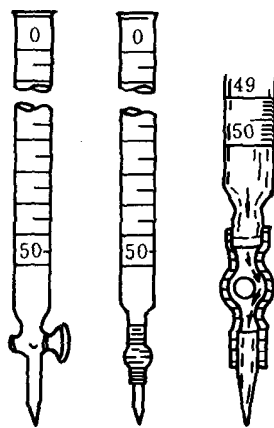


图 1-6 滴定管示意图

(1) 洗涤：依次用洗液、自来水、去离子水洗净，最后用少量所装溶液洗 3 次（每次都要冲洗尖嘴部分）每次液量 5~10 mL。洗涤时要两手平端滴定管，不断转动，使洗涤液体布满滴定管。

(2) 装液：把溶液装至滴定管零刻度以上。滴定管垂直地夹在滴定管夹上。酸式滴定管开启旋塞，碱式滴定管挤压玻璃圆珠。（橡皮管稍弯向上，如图 1-7 使滴定剂流出 赶走下端管嘴中积留的空气泡）。

(3) 滴定管的握持姿势及滴定操作：酸式滴定管用左手拇指、食指和中指旋转活塞，手心空握如图 1-8，以免顶出活塞使溶液从活塞隙缝中渗出；碱式滴定管用左手拇指和食指捏住胶管中玻璃球所在部位旁侧，轻捏软胶管，使胶管与玻璃球之间形成一条缝隙，如图 1-6 所示，溶液即可流出。但注意不能捏折玻璃球下方，否则在放手时会在玻璃管嘴中出现气泡。

滴定时应使滴定管尖嘴部分插入锥形瓶瓶口下 1~2 cm。滴定速度不能太快，以每秒 3~4 滴为宜，切不可成液柱流下。边滴边摇。锥形瓶应向同一方向作圆周旋转而不应前后振动。临近终点时，应一滴一滴地加入溶液。

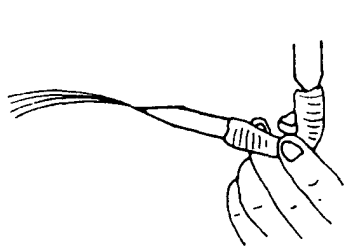


图 1-7 逐出气泡法

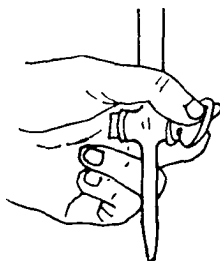


图 1-8 酸式滴定管操作方法

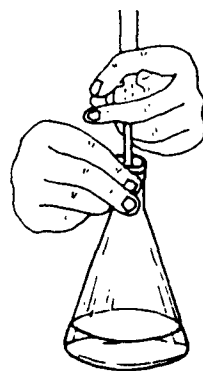


图 1-9 滴定操作法

(4) 读数：滴定前后均应记录读数，读数时应注意以下几点：

- 1) 注入溶液或放出溶液后，需等待 1~2 min，使附着在内壁上的溶液流下后，才能读数。
- 2) 对于无色或浅色溶液，视线应与弯月面最低点在同一水平面上，读此水平面所在刻度。对深色溶液如 KMnO_4 溶液，应观察液面最上沿。

3) 为减少测量误差，每次滴定应从 0.00 开始或从接近零的任一时刻开始。读数必须准确到 0.01 mL。

(九) 容量瓶的使用

容量瓶是细颈梨形的平底瓶，带有磨口塞。颈部有标线表示在所指温度下（一般为 20°C ）当液体充满到标线时，液体体积恰好与瓶上所注明的体积相等。容量瓶通常有 50 mL, 100 mL, 150 mL, 250 mL, 1 000 mL 等规格。容量瓶是配制准确浓度溶液的容量容器。

(1) 洗涤：依次用洗液、自来水、去离子水洗净。洗净的容量瓶内壁应不挂水珠，水均匀润

湿容量瓶内壁。

(2) 转移：欲将固体样品配成准确浓度的溶液，应先将称好的样品放在小烧杯中，用水溶解，再定量地转移到容量瓶中。转移时用玻璃棒插入容量瓶内，烧杯嘴紧靠玻璃棒，然后用水洗烧杯 3 次以上。洗涤液按图 1-10 所示转移至容量瓶中。

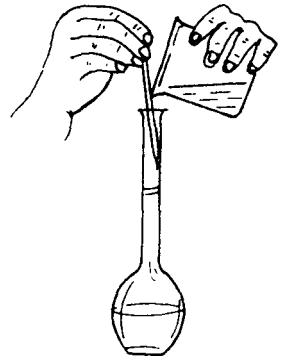


图 1-10 转移溶液入容量瓶

如果稀释浓溶液，则先用移液管吸取一定体积的浓溶液放入容量瓶中，再稀释至标线。

(3) 加去离子水：在容量瓶中，加入去离子水至 3/4 体积，将容量瓶平摇几次（勿倒转），使溶液大体混匀，然后继续加去离子水至近标线 1 cm 左右，等待 1~3 min，使黏附在瓶颈内壁的溶液流下后，用滴管伸入瓶颈接近液面处，加水至溶液弯月面与标线相切为止。盖紧塞子。

(4) 摇匀：左手食指按住瓶塞，右手托住瓶底，将容量瓶倒置数次（15~20 次）并加以振荡，以保证溶液的浓度完全均匀。

(十) pH 试纸的使用

从 pH 试纸的夹本中，撕取一小块试纸，放在干燥洁净的点滴板小穴中，用玻璃棒蘸取要试验的溶液，滴在试纸上，将试纸呈现的颜色立即与 pH 试纸夹本中的标准色比较，测得溶液的 pH 值。

(十一) 沉淀的分离——过滤法

1. 普通过滤（常压过滤）的方法

当溶液中有沉淀而又要它与溶液分离时，常用过滤法。过滤前，先将滤纸按图 1-11 的虚线方向对折两次，得到 4 层重叠的扇形体。展开滤纸成圆锥体后，放入漏斗里，滤纸应与漏斗壁贴紧（为了使滤纸 3 层的那一边能紧贴漏斗，常把这 3 层的外面两层撕去一角）。用手按着滤纸，用蒸馏水把滤纸润湿，轻压滤纸四周，使其紧贴在漏斗上。

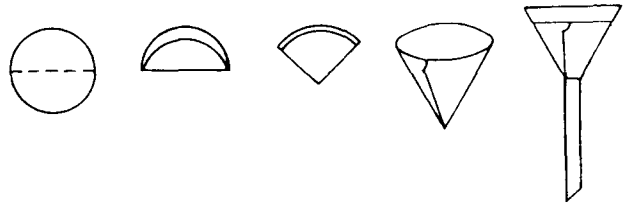


图 1-11 滤纸的折叠和安放

将贴有滤纸的漏斗放在漏斗架上，把清洁的烧杯放在漏斗下面，并使漏斗管末端与烧杯壁接触，这样，滤液可顺着杯壁流下，不致溅出来。如图 1-12 所示，将溶液和沉淀沿着玻璃棒缓缓倒入漏斗中。过滤时必须注意，倒入漏斗中的液体，其液面应低于滤纸边缘 1 cm 切勿超过。

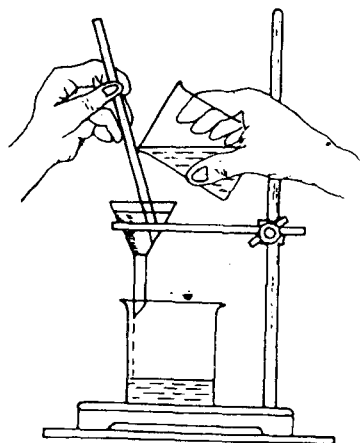


图 1-12 过滤

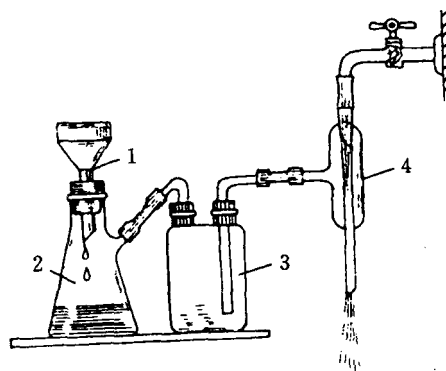


图 1-13 吸滤装置

1—布氏漏斗 2—吸滤瓶 3—安全瓶
4—水压真空抽气管（亦称水泵）

2. 吸滤法过滤（减压过滤或抽气过滤）

为了加速过滤，常用吸滤法过滤。吸滤装置如图 1-13 所示。它由吸滤瓶、布氏漏斗、安全瓶和水压真空抽气管（亦称水泵）组成。水泵一般装在实验室中的自来水龙头上。

吸滤操作步骤：

(1) 检查装置，安全瓶中长管接水泵，短管接吸滤瓶，布氏漏斗的颈口应与吸滤瓶的支管相对 便于吸滤。

(2) 贴好滤纸，滤纸的大小应剪得比布氏漏斗的内径略小，以恰好盖住小孔为度。先用少量蒸馏水润湿滤纸，再开启水泵，使滤纸紧贴在漏斗的瓷板上之后，再进行过滤。

(3) 在吸滤过程中，不得突然关闭水泵以防倒灌。

(4) 在布氏漏斗内洗涤沉淀时，应停止吸滤，让少量洗涤剂缓慢通过沉淀，然后进行吸滤。

(5) 为了尽量抽干漏斗上的沉淀，最后可用一个平顶的试剂瓶塞挤压沉淀。

五、误差和有效数字

(一) 误差的概念

1. 误差和准确度

误差是指实验测定值与真实值之间的差值，此差值又称绝对误差，即

$$\text{绝对误差} = \text{测定值} - \text{真实值}$$

准确度是指测定值与真实值之间的偏离程度，准确度的高低用误差衡量。误差越小，准确度越高；误差越大，准确度越低。若测量结果大于真实值，误差为正值，反之为负值。

绝对误差在真实值中所占的百分比叫做相对误差，即

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\%$$

相对误差与被测量值的大小有关，而绝对误差与被测量值大小无关。通常是用相对误差来反映测定值与真实值间的偏差程度（即准确度）的。

2. 偏差与精密度

在实验中，由于被测的真实值通常难以准确得知，故用多次测得的平均测定值代替真实值。偏差是指单项测定值与多次重复测定结果的平均值之间的差值，即

$$\text{绝对偏差} = \text{单次测定值} - \text{多次测定平均值}$$

绝对偏差大多次测定平均值中所占的百分数称为相对偏差，即

$$\text{相对偏差} = \frac{\text{绝对偏差}}{\text{多次测定平均值}} \times 100\%$$

精密度是指在相同条件下几次重复测定值之间相互接近的程度，亦即测定结果的再现性或重复性。偏差越小，精密度越高，反之越低。

综上所述，准确度和精密度是两个不同的概念，准确度用误差来衡量，精密度用偏差来衡量。因为在现实中任何一个量的真实值均难以准确知道，所以在实际工作中人们是通过反复多次的实验测量，得出一个相对准确的平均值，以此代替真实值来进行计算，因而人们在实际生产中不特意去强调误差或是偏差，一般情况下都称之为误差。

(二) 有效数字的概念

在化学实验中，经常要对一些物理量（如体积、质量等）进行测量而得到一些数值，这些数值的表示或计算方式不同，将直接影响到实验的结果是否合理。为了合理地取值并正确地进行运算，需要理解和应用有效数字的概念。

所谓有效数字是指能从仪器上直接读出（末尾数是估计读数）的有实际意义的数字。有效数字的位数取决于测量的方法和仪器的精度。例如，在台称上称量某物体的质量为 5.6 g 因

为台称的精确度是 0.1 g 所以该物体质量是 $5.6 \text{ g} \pm 0.1 \text{ g}$ 此数中的最后一位数不太准确 故有效数字是 2 位。若该物体在分析天平上称量得 5.6115 g , 由于分析天平精确度是 0.0001 g , 故该物体质量为 $5.6115 \text{ g} \pm 0.0001 \text{ g}$ 其有效数字是 5 位。

上述可见, 有效数字中最末一位是可疑数, 因此任何超过或低于仪器精密度的有效数字的数字都是不合理的。例如用滴定管(能估读到 0.01 mL)量取液体读数为 25.33 mL 可表示为 $25.33 \pm 0.01 \text{ mL}$ 有效数字为 4 位。若该数写成 25.330 mL, 夸大了实验精确度; 若该数写成 23.3 mL, 则减小了实验精确度, 均为不合理数值。

有效数字的位数可用下列数值说明:

数 值	35.00	35.0	35	0.35	0.035	0.0035	0.350
有效数字位数	4 位	3 位	2 位	2 位	2 位	2 位	3 位

这些数值中, “0” 是否为有效数字 应视具体情况而定 与“0” 在数字中的位置有关:

(1) 如果“0”在数字前 仅起定位作用 它不是有效数字。

(2) 如果“0”在数字中间 它是有效数字。

(3) 如果“0”在数字后面, 它通常是有效数字, 但要具体分析。如 2 300 它的有效数字的位数不确切, 应按实际测量的精确度采用科学方法表示, 即根据实际有效数字情况改写为指数形式 若是两位有效数字 应改写成 2.3×10^3 若是 3 位有效数字, 应改写成 2.30×10^3 。

在化学计算中常常遇到一些有效数字位数不同的数值, 此时应按一定的规则进行处理和运算。这样既能节省时间, 又可避免因计算过繁而引起的错误。有效数字的加减、乘除和对数等运算规则如下:

(1) 加减运算。各数之和(或差)的位数, 只能保留到各原数中小数点后位数最少的那个数。例如 25.64, 1.0568, 0.0121 三个数值之和的正确运算方式为

$$\begin{array}{r}
 25.64 \\
 1.06 \\
 +) 0.01 \\
 \hline
 26.71
 \end{array}$$

因为 25.64 这个数值小数点后的位数只有 2 位, 是三个数中的最少者。

(2) 乘除运算。各数之积(或商)的位数只能保留到与各原数中有效数字位数最少者相同的位数。如 0.112, 21.76, 1.0765 三个数值相乘时, 其正确运算方式为: $0.112 \times 21.8 \times 1.08 = 2.64$ 因为三个数值中 0.112 是有效数字位数最少的一个, 只有 3 位。

(3) 对数运算。对数中有效数字的位数应与真数中有效数字的位数相同。例如 6.8×10^{-3} 的 pH 值为 $-\lg 6.8 \times 10^{-3} = 3 - 0.83 = 2.17$ 此数的真数为 6.8×10^{-3} 有效数字位数是 2 故其对数尾数只能取 2 位有效数字(即 0.83) 而首数“3”不是有效数字, 它只起定位作用。

在进行复杂运算时, 中间步骤可以多保留一位数字, 以免多次的四舍五入造成误差累积, 但最终结果仍要保留其应有的位数。此外, 在计算式中出现的常数如 π 、 e 等的有效数字 可认为是无限的, 在计算中是根据需要来确定所取的位数的。

六、微型化学实验简介

微型化学实验 (Microscale Chemical Experiment 或 Microscale Laboratory, 简称为 M. L.) 是一种新颖的实验方法和技术, 意指所使用的药品微量化的实验, 是绿色化学的一项方法与技术。据统计, 采用微型实验后, 试剂和药品的用量通常只需常规实验的 10% 左右。由于实验中药品用量大大减少, 因而可节省实验开支, 减少环境污染。药品的微量化使得反应时间缩短 中间过程 如溶解、过滤、蒸发、结晶等 费时少 实验手续大为简化 因而节省了实验时间, 提高了实验效率, 突出了实验过程中物质变化的本质和规律。过去一些由于试剂用量大、原材料价格昂贵或实验条件苛刻、处理不安全而不能为学生开设的实验, 微型化后均有可能在学生实验中开出, 因而有利于实验内容的革新。另外, 微型化学实验的形式灵活, 有些仪器和器材可以利用日常生活中的废弃物品进行替代 (如可利用一次性针管代替移液管, 用废旧眼药水瓶做滴管, 用泡沫塑料制造隔热反应坑等)。通过让学生亲自制做和发明一些简易代用的仪器和器材, 可培养其创造性思维的发展和灵活运用知识、亲自动手实践的能力, 便于学生自己设计实验方案, 选择实验条件, 加强学生对基本理论和基本规律的理解和认识。

微型化学实验在国外已开展得相当广泛, 国内也对此进行了积极研究和推广应用, 其内容涉及大学普通化学、无机化学、分析化学、物理化学、有机化学、精细化工和高分子化学等领域。

应当指出的是 微型实验并非是常规实验简单地“大变小”或“多变少”, 一些常规实验中不易出现的问题在微型实验中可能比较突出, 须认真研究解决。药品微量化后, 实验所用的仪器和器材也需作相应改变, 尤其是实验操作方法与常规实验相比有较大区别, 因而需要设计不同于常规实验的新的实验步骤和仪器。目前, 国内外已研制出多种 (套) 微型化学实验仪器。开发具有通用性、创造性、多功能和低成本的微型仪器部件是微型实验仪器研制所应遵循的重要原则。

微型普通化学实验中最基本、最常用的仪器有多用滴管和井穴板两种。

1. 多用滴管

用聚乙烯塑料制成, 它由吸泡和径管两部分组成, 其图形尺寸如图 1-14 所示 (图中尺寸为参考值)。

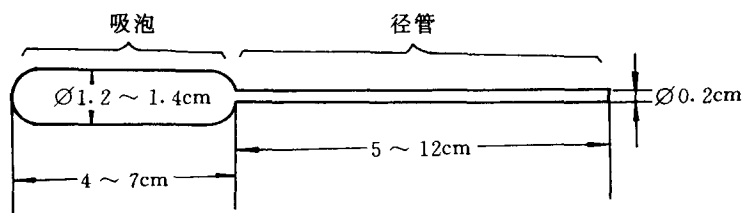


图 1-14 多用滴管