

中学劳动技术课

化学分析基础知识与应用

上海科技教育出版社



劳动技术教育课是普通中学的一门必修课。开设这门课的目的，在于培养学生的劳动观点、劳动习惯，让学生掌握一些基本的生产技术知识和劳动技能，既能动脑又能动手。为毕业后的升学和就业打下一定的基础。这包括工农业生产劳动、服务性劳动以及公共福利劳动。既有简单的劳动，也有现代的比较复杂的劳动。

为了适应劳动技术课的教学需要，我们编写了《劳动技术课本》。根据各年级文化课的教学内容和学生的年龄特点，这套教材初步确定下列一些劳动技术项目：

初一年级 植物栽培、花卉栽培、工艺制作、编织；

初二年级 动物饲养、烹饪、工艺制作、刺绣；

初三年级 测量、缝纫、电工技术基础、木工、泥工、漆工；

高一年级 制图、机械、金工、木工、泥工；

高二年级 电工技术基础、电子技术基础、电子计算机、化学分析基础知识与应用；

高三年级 电子技术基础、物质分离及其应用、粘接技术。

这套教材我们将分专题陆续分批地编写和出版。

这套教材的编写原则是理论与实践相结合。既注意动脑，又注意动手，安排了实验课和实习课；重视基本劳动工具的使用和生产上基本维修技术的训练；注意适当扩大基础知识的应用。

在教学中,还要联系实际,对学生加强劳动观点教育,爱护劳动工具、劳动材料的教育,安全生产的教育,遵守劳动纪律和劳动道德的教育等等,以培养学生良好的劳动习惯。

劳动技术课是一门新的课程,编写这门课的教材也是一项新的工作,从内容的选择到编写都还缺少经验。我们恳切地希望有关方面的专家和师生在使用中提出宝贵的意见和建议,以便今后不断修改、充实和提高。

中学劳动技术教材编写组

一九八四年一月

目 录

绪论	1
一、化学分析的任务和发展	1
二、化学分析的分类和几点说明	3
第一章 定性分析基础	5
第一节 定性分析基本原理	5
第二节 定性分析基本操作	7
实习作业一 Cu^{2+} 、 Ag^{+} 、 Pb^{2+} 离子的个别鉴定	13
实习作业二 原盐中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 离子的鉴定	15
实习作业三 废液内某些重金属离子的鉴定	16
实习作业四 铅丝成分的分析	18
实习作业五 锌、铜、铝混和粉末的分析	19
实习作业六 几种阴离子的个别鉴定	21
实习作业七 几种阴离子混和液的分析	23
实习作业八 阴离子未知液的分析	26
附录: 试液及特殊试剂的配制方法	28
第二章 定量分析基础	31
第一节 分析天平	32
实习作业九 称量练习	37
第二节 重量分析法	38
实习作业十 水中硫酸根离子的测定	41
第三节 滴定分析法	43
实习作业十一 硫酸铵中含氮量的测定	49
实习作业十二 氨水中含氮量的测定	52
第四节 比色分析法	55

实习作业十三 工业盐酸中铁的测定	57
第五节 酸度测定法	59
实习作业十四 土壤酸碱度测定	61
附录: 有效数字的说明	62
第三章 土壤的化学分析	64
第一节 土壤样品的采集和处理	64
第二节 土壤浸提液的制备	70
第三节 土壤速效养分的测定	71
第四节 土壤有机质的测定	82
第五节 土壤环境因素的测定	86
第六节 土壤分析结果的应用(阅读教材)	91
附录 1 速效养分测定试剂的配制	94
附录 2 某些地区土壤养分分级含量参考指标	97
第四章 水质分析	98
第一节 水样的采集和保存	98
第二节 水样物理性质的测定	99
第三节 水样总固体的测定	100
第四节 水样酸碱性和酸碱度的测定	101
第五节 水样硬度的测定	104
第六节 水样中铁离子的测定	106
第七节 水样中几种阴离子的测定	108
第八节 酚的测定	112
第九节 溶解氧的测定	113
第十节 余氯的测定	115
附录 1 水质分析中有关试剂的配制	116
附录 2 生活饮用水的水质标准	123

绪 论

一、化学分析的任务和发展

自然界里的物质是多种多样的。人们在利用自然资源时，常需了解这些物质的组分，并将其中需要的组分从物质中分离提取出来，或利用某些物质进行适当处理以制取所需要的各种产品。可见，人们要想充分利用自然资源，就必须知道物质的性质和组成。

在古代，人们往往从物质的外表(颜色、硬度、比重等)和使用性能来认识和区别各种物质。随着生产的发展和自然科学的建立，人们开始认识到物质的性质和它的组成结构有着密切的关系。这样，为了更好地认识物质并加以利用，就必须了解物质的组分和结构。于是，人们就采取多种方法对物质进行分析，而其中最主要的就是用化学方法进行物质分析。

例如，地质采矿部门必须对采集来的矿物样品进行化验，分析其组成，以确定是何种矿物，有无开采价值。冶金部门在金属冶炼过程中，要分析化验产品质量是否合格。化工生产部门，在制取化工产品的过程中，对反应条件的控制及产品纯度的检验，都要进行化学分析。农业生产上往往通过对土壤酸碱性及成分的分析，采取适当措施，以改良土壤和提高土壤的肥力；通过对作物的营养诊断，进行及时、合理地施肥。又如海水成分的探测和利用，中草药的有效成分的研究和提取，建筑材料的分析，宇航新型材料的研制等，无不需要进行化学

分析。此外,在科学研究方面,化学分析也有重要应用,如历史上一些重要的化学基本定律(质量守恒定律、定比定律、倍比定律)的发现,原子分子论的创立,新元素的发现及原子量的测定,元素周期律的发现和元素周期表的建立等方面都离不开化学分析。再如考古学、天文学方面的研究,以及对探索生命的奥秘等,也都要用到化学分析。近几年来,关于“三废”产生的环境污染问题,日益引起各国的重视,而在环境监测及三废治理方面,也要依靠化学分析。

由上可知,化学分析在国民经济许多部门中有着重要的应用,并由此而建立一门化学分支——分析化学。

根据实验手段的不同,分析化学包括化学分析法和仪器分析法两大类。化学分析法的依据是物质在一定条件下进行化学反应时所显示的某种特性。仪器分析法的依据是物质的某种物理性质或物理化学性质。在进行分析时,常将化学分析与仪器分析结合起来,以保证实验的准确性和精确性。

二十世纪五十年代以来,随着工农业生产的迅速发展和科学技术的突飞猛进,对化学分析的任务提出了更高的要求,分析手段必须更灵敏、准确、快速、简便、自动化。因而,化学分析日益趋向仪器化。特别是电子技术和电子计算机的迅速发展,为化学分析的自动化提供了广阔的前景。

仪器分析虽有快速、精确等优点,但是仅仅依靠仪器,而缺乏必要的化学分析基础理论和知识,很难正确解决许多实际问题,完成日益复杂的分析任务。因此,经典的化学分析法依然是分析化学的基础。在中学阶段学习一些化学分析的基础知识和技能,不仅可以更好地巩固和掌握已学过的化学知识,而且为今后进一步学好化学和参加劳动生产打下良好的基础。

二、化学分析的分类和几点说明

化学分析方法的内容很丰富,分类方法也有多种,其中主要是按分析任务、目的不同,而分为两大部分:定性分析和定量分析。

定性分析:鉴定物质的组分(元素、原子团、官能团或化合物等)。

定量分析:测定物质各组分的相对含量。

一般说来,定性分析只是化学分析的第一步,在很多情况下,定性分析不能满足生产上的要求,而是在定性分析的基础上,再作定量分析。

此外,化学分析方法还有几种分类法:

1. 根据分析对象不同,可分为:无机分析和有机分析。
2. 根据分析中所用试样量的多少,可分为:常量分析(试样量 0.1 克以上)、半微量分析(0.01~0.1 克)、微量分析(0.001~0.01 克)及超微量分析(小于 0.001 克)。
3. 根据被测组分的相对含量,可分为:主成分分析(被测组分相对含量大于 1%)、微量成分分析(在 0.01~1%)、痕量成分分析(在 0.001~0.01%)。

本书结合目前中学实际,主要介绍化学分析法的基础知识,适当简要介绍几种仪器分析法。在定性分析部分采用半微量分析法,而在定量分析部分则采用常量分析法。

化学分析是一门实验性很强的课程,在学习时需注意几点:

1. 应着重学习和掌握化学分析的基本方法,多动手实践,努力提高分析操作的技能,而对理论部分只作一般了解。

2. 在学习定性、定量分析基础知识和基本操作的基础上,在教师指导下,选择土壤分析或水质分析进行实习活动,以巩固和熟练掌握化学分析基本操作。

3. 实验现象应认真观察,有关数据应及时记录。由于化学分析结果的正确性,在很大程度上取决于操作者的熟练技能和认真负责的态度。因而,在实验中,应采取严肃认真、实事求是的科学态度。

4. 有时某些化学分析的现象不明显,或出现意外情况,应在教师指导下冷静分析问题,找出原因,加以改进,以提高分析问题和解决问题的能力。

5. 各种化学分析方法都有一定的操作规则,应严格遵守这些规则。对仪器设备要正确使用,并加以爱护和妥善保管。

6. 实验时应注意安全,实验完毕应及时整理现场,洗涤仪器,放好实验用品,并妥善处理实验后遗留的废液、废物。

第一章 定性分析基础

第一节 定性分析基本原理

定性分析的任务是鉴定试样的组分。一般可分为干法分析和湿法分析两类。

1. 干法分析

它是将样品加热到高温或将固体样品与固体试剂进行研磨时出现的某些特征而作分析鉴定。例如焰色反应试验,将金属离子的盐溶液用铂丝(或镍铬丝)蘸后在无色火焰中灼烧,火焰会呈现特殊的颜色,以此来判断试样中是否含有某种金属离子。例如含有 Na^+ 离子的试样,焰色反应为黄色;含有 Ba^{2+} 离子的试样,焰色反应为黄绿色等。此外,还有熔珠试验、粉末研磨分析试验等。

2. 湿法分析

它是利用样品在溶液中进行化学反应,从而产生一定的外观现象(称之为外部特征)来进行离子的鉴定。这种化学反应称为定性分析反应,也可称为某离子的鉴定反应。

外部特征有三种情况:

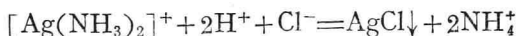
(1) 沉淀的生成与溶解 例如检验 Cl^- 离子,可以在试样溶液中加入含 Ag^+ 离子的试剂,此时发生如下反应:



在白色 AgCl 沉淀中加入氨水,沉淀溶解:



在此溶液中再加入 HNO_3 酸化, 又出现白色沉淀:



经过这一系列试验, 并有上述现象产生, 说明一定有 Cl^- 离子存在。

(2) 溶液颜色的变化 例如检验 Fe^{3+} 离子时, 可以加入 NH_4SCN 试剂, 如溶液变成血红色, 可由此判断有 Fe^{3+} 离子存在。

(3) 产生气体 例如在检验 CO_3^{2-} 离子时, 可在试样中加入酸, 使生成 CO_2 气体, CO_2 气体可与澄清的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 或 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应, 生成白色的 CaCO_3 或 BaCO_3 沉淀, 这样可判断 CO_3^{2-} 离子的存在。

定性分析反应必须在一定的条件下进行, 溶液的浓度、酸度、温度及溶剂都会影响反应的进行和鉴定。有些定性分析反应, 可在混和离子溶液中直接鉴出某种离子, 这种反应称为特效反应。但有许多鉴定某种离子的化学反应, 当有其它离子存在时, 它们往往也会与试剂发生类似现象的反应, 从而妨碍某种离子的鉴定。此时就应严格控制条件或设计出一种较好的分离办法, 将各种离子一一分离开来, 然后加以鉴定。

对于混和金属离子的分析, 可分为分别分析及系统分析两种方法。

(1) 分别分析 在混和离子溶液中, 不经一步步分离, 直接用特效反应检出某种离子, 这种方法称为分别分析法。如果样品中的待测离子是有限的, 目标明确, 且又有特效反应, 则常使用分别分析法。

(2) 系统分析 加入某种试剂, 按一定步骤和顺序将这些离子分离开来, 然后再用鉴定反应分别加以鉴定, 称为系统分析法。如果样品的成分复杂, 且特效反应不多, 就需要进行

系统分析。经常采用的分离方法为沉淀分离法，即在混和离子溶液中加入某种试剂，使某些离子形成沉淀，另一些离子仍留在溶液中，这样可将不同离子进行分离。有时亦可采用气化法，即将已鉴定离子与试剂反应形成易挥发物质，然后将其灼烧除尽，再鉴定留在残渣中的其它离子。

第二节 定性分析基本操作

1. 定性分析仪器

定性分析使用试剂的量一般较少，溶液约需几毫升，固体只需几毫克，因此要使用专门的仪器，操作也有一定的要求。

(一)离心管与离心管架 离心管的容量为 5~10 毫升，管的下端呈圆锥形，这样便于使沉淀沉降于底部。如无离心管也可用 5~10 毫升小试管代替(参见图 1-1)。

离心管架一般用铝制的，每个架上至少有 15~20 个孔，可放置离心管。

(二)离心机 这是利用离心沉降原理将沉淀与溶液分开的设备。有手摇、电动两种离心机(参见图 1-2)。

(三)点滴板 是带有凹槽的瓷板，主要用于进行沉淀反

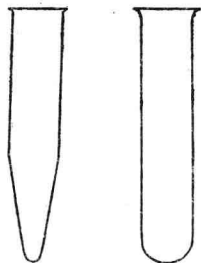


图 1-1 离心管、小试管

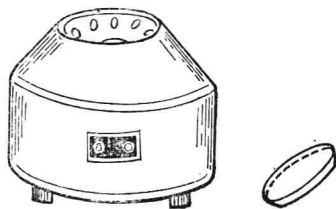


图 1-2 电动离心机

应。为了适应不同的情况，点滴板有白色、黑色两种。在白色点滴板上适合进行有色的反应，在黑色点滴板上适合生成白色沉淀的反应。

(四)滴管、毛细滴管和搅棒 滴管用于滴加一定体积的液体，每滴约为 0.05 毫升，20 滴相当于 1 毫升。毛细滴管主要用于从离心管中吸出沉淀上层的试液，其尖端部分较滴管细而长，也可用于滴加少量试剂，其 1 滴应为 0.02 毫升，50 滴相当于 1 毫升。搅棒是细长玻璃棒，用于搅拌离心管内沉淀物(参见图 1-3)。

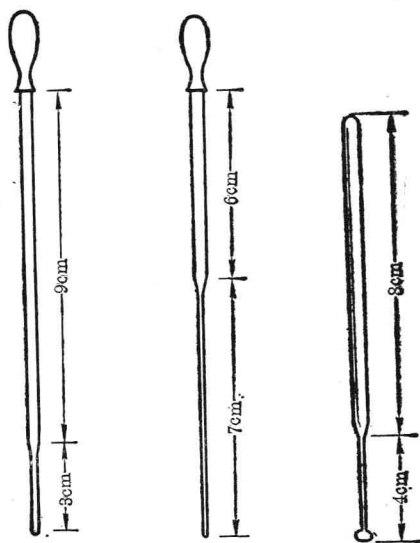


图 1-3 滴管、毛细滴管、搅棒

(五)坩埚 在定性分析中使用的瓷坩埚一般为 10 毫升容积，用于蒸发溶液或灼烧、分解盐类。

2. 基本操作

(一)仪器的洗涤 定性分析的鉴定反应一般都很灵敏,如有少量的杂质存在,常会影响鉴定结果的准确性。因此,使用的仪器必须清洁,试剂应该纯净,这是作好实验的先决条件。

洗涤仪器的要求:应使玻璃器皿的壁透明,水能沿器壁自然流下,能均匀润湿不留水迹。洗涤时先用自来水冲洗,并用试管刷在管内外上下转动刷洗(注意不要戳破容器底),再用清水冲洗2~3次。如已洗净,再用洗瓶沿器皿内壁吹入少量蒸馏水,使整个器壁均受到蒸馏水冲洗,倾出,重复润洗2~3次,放好备用。如这样洗涤仍未达到要求,可在刷子上蘸洗衣粉刷洗或用铬酸洗液*浸泡,然后用清水冲洗,再用蒸馏水重复润洗三次。

(二)试剂的取用和滴加 试剂应保存于规定的试剂瓶中,并保持清洁。滴加试剂时,滴管口必须离开离心管口2~3毫米,将试剂直接滴入离心管,切不可使滴管口碰离心管,以免沾污滴管而弄脏试剂。取用试剂时,只能使用试剂瓶上原有滴管,滴管用好后仍放回原来试剂瓶中,决不可混用。

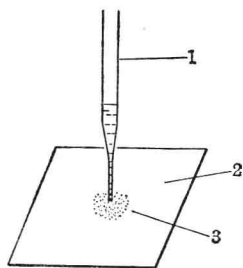


图 1-4 点滴反应

1.毛细管 2.反应纸 3.湿斑

(三)点滴反应 是利用反应物质液滴之间发生的反应(通常只要1滴至数滴)。可在点滴板、滤纸、或浸有试剂的反应纸上进行,

* 铬酸洗液:系用重铬酸钾与浓硫酸配成,它有很强氧化性,可去除油污等脏物。配制方法:称取10克工业用重铬酸钾于小烧杯中,加入30毫升水,加热使其溶解,冷却后,边搅拌,边慢慢倒入170毫升浓硫酸,此时溶液呈暗红色,贮于试剂瓶中备用。

从生成有色沉淀或斑点来判断某种离子的存在。若在反应纸上进行,则应先将毛细滴管的橡皮头取下,将滴管尖端浸入试液中,溶液因毛细管作用而上升。垂直持取毛细滴管,使蘸有液体的管端与反应纸中央接触(参见图 1-4),让溶液自然缓慢地在纸上扩散,然后观察反应后产生的颜色。

(四)溶液的加热 由于离心管(或小试管)所容液体量较少,因此不可放在火焰上直接加热,否则液体会因暴沸而溅失,而应放在水浴上加热。即用一只 400 毫升烧杯,内放三分之二体积的沸水,在煤气灯上用小火加热,烧杯上搁一打孔的铝片或用铁丝扭成铁丝架(参见图 1-5)。将离心管放在铝片孔内(或铁丝架上),离心管下端应浸入水浴中,即可加热管内溶液。

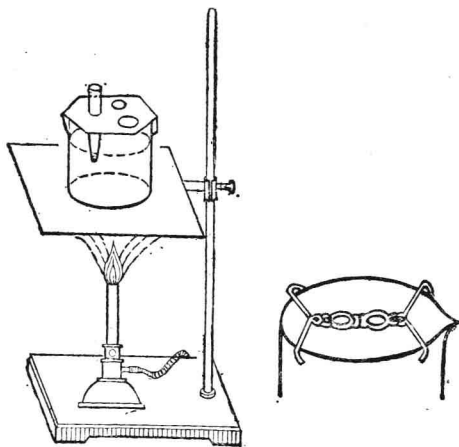


图 1-5 水浴装置

(五)离心沉降 将试样放在离心管内进行沉淀反应,然后将离心管放在离心机内进行离心沉降,达到使沉淀与溶液分离,沉淀降于管底,上层为澄清溶液。

使用离心机时,应注意以下几点:

(1) 在离心机的套管底部垫上棉花或橡皮圈,以防旋转时碰破离心管。

(2) 电动离心机一般有 6 个孔可放离心管,使用时每放一个盛试液的离心管时,要在对称位置上也放一盛有等量试液或水的离心管,以保持平衡。

(3) 开动时,应由慢速开始,待运转平稳后,再开启快速旋纽。

(4) 使用手摇离心机时,安上把柄,均匀地摇转,开始也要缓慢,然后渐渐加速,摇转几圈后,在匀速下保持几分钟,取下把柄,让离心机自然停下(注意,不能用手去阻挡,强迫离心机停止)。

(六)转移离心液(离心沉降后的清液) 转移时,用左手斜持离心管,右手持毛细滴管,并捏瘪橡皮滴头,排除其中空气。然后将毛细滴管伸入离心管,至滴管末端恰好进入液面(参见图 1-6),慢慢放松橡皮滴头,溶液即进入滴管。随着离心液减少,将毛细滴管逐渐下移,直至吸完离心液,然后将滴管内离心液注入另一干净离心管内,以备下一步反应。

(可安排做实习作业一、二,对以上操作进行练习)

(七)沉淀的洗涤和移取

(1) 沉淀的洗涤 洗涤沉淀的目的,是除去残留在沉淀中的少量母液。先在有沉淀的离心管中加入适量的洗涤液(可用蒸馏水或其它指定溶液),用滴管充分

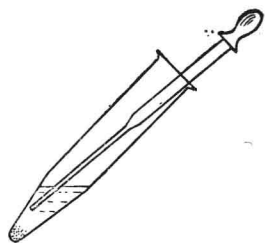


图 1-6 离心液的转移

搅动溶液。搅动的方法是，将滴管插入溶液中，捏瘪橡皮滴头（注意不能放松）进行鼓泡，以冲动沉淀和液体，然后取出滴管，在空气中放松橡皮滴头，再插入溶液中捏瘪，如此反复数次，使之充分混匀后进行离心沉降，将洗涤液吸出，弃去洗液。

（2）沉淀的移取 先用滴管吸取少量蒸馏水加入有沉淀的离心管内，按上法用滴管鼓泡搅匀，随即吸取所需量于另一离心管中。

（八）蒸发 蒸发目的是为了浓缩溶液，除去过量的强酸或有害的气体等。蒸发可在微型坩埚（约 10 毫升容积）中进行，直接放在石棉网上小火加热，蒸发至将近干时，须及时停止加热，利用石棉网上的余热蒸发至干。如果无限止加热，则在强热下某些盐会分解为难溶性氧化物而难以处理。

（可做实习作业三、四、五，对以上操作进行练习）

（九）气体的鉴定 气体的鉴定一般有两种方法。

（1）气室法 用两块表面皿合在一起做成气室（参见图 1-7）。在气室下面的表面皿上放反应物。气室上面表面皿的凹面处，粘附一小片湿润的试纸，当试液与试剂作用后，若有气体放出，即与试纸相遇，立即观察试纸颜色的变化，以鉴定反应物中某种离子的存在。



图 1-7 气室法

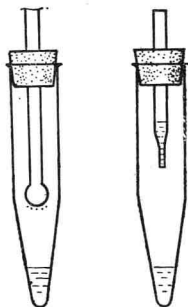


图 1-8 验气装置