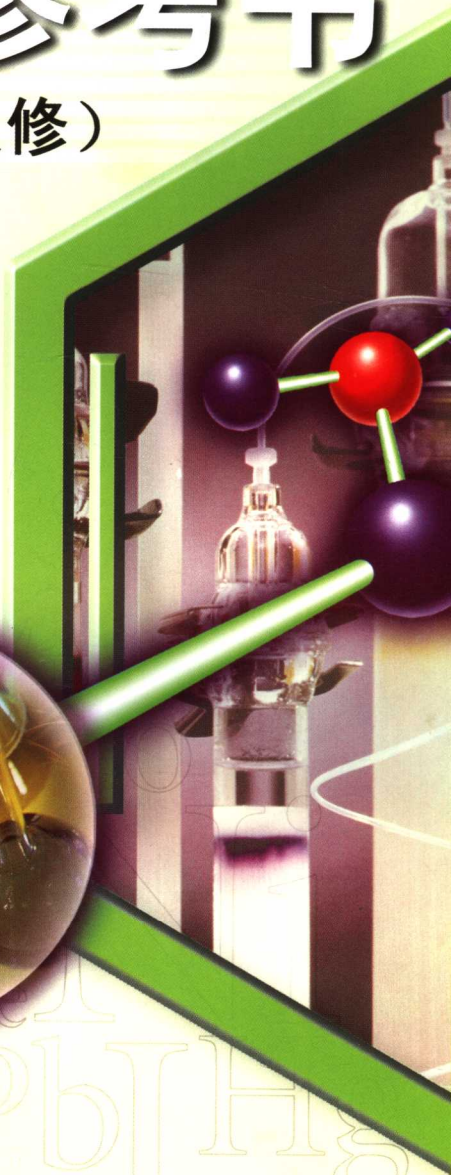


配苏教版普通高中课程标准实验教科书

高中化学

教学参考书

实验化学（选修）



凤凰出版传媒集团



江苏教育出版社

JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE

配苏教版普通高中课程标准实验教科书

高中化学教学参考书

实验化学(选修)

主 编 王祖浩

副主编 王程杰

凤凰出版传媒集团

 江苏教育出版社
JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE

配苏教版普通高中课程标准实验教科书
书 名 高中化学教学参考书
实验化学(选修)
责任编辑 李婷婷
出版发行 凤凰出版传媒集团
江苏教育出版社(南京市马家街 31 号 210009)
网 址 <http://www.1088.com.cn>
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华发行集团有限公司
照 排 南京理工出版信息技术有限公司
印 刷 东台市人民印刷有限公司
厂 址 东台市新桥路 136 号(邮编 224200)
电 话 0515-5213471
开 本 787×1092 毫米 1/16
印 张 8
版 次 2006 年 8 月第 1 版
2006 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5343-7725-0/G·7410
定 价 9.20 元
盗版举报 025-83204538

苏教版图书若有印装错误可向承印厂调换
提供盗版线索者给予重奖

前 言

本书是根据普通高中化学课程标准的要求,配合江苏教育出版社出版的普通高中课程标准实验教科书《实验化学》(选修)编写的,供广大中学化学教师教学时参考。在编写过程中,作者仔细研究了教材的编写思路,充分吸收了实验区广大化学教师的教学经验,力求使本书更具有针对性和指导性。

本书以教材的章节为序,设置的主要栏目有【学习目标】、【课时建议】、【编写思路】、【教学建议】、【实验研究】、【拓展课题分析】、【“交流与讨论”问题解答及分析】、【参考资料】等。

【编写思路】给出各专题课题的主要内容和组织线索,帮助教师领会教材编写者的意图,明确每个课题的教学目标,帮助教师更好地把握教材内容。

【教学建议】以《普通高中化学课程标准(实验)》中的内容标准和“活动与探究建议”为基础,根据《实验化学》模块“通过实验的线索学习化学”的基本宗旨,指导学生学习化学知识与技能,培养学生掌握实验探究的方法,体验严谨求实的科学态度;从教和学两方面提出建议和思路,指导教师合理利用教材提供的各类实验素材,创设实验探究的情景,让学生领悟实验设计的思路,在解决实验问题的过程中培养学生的能力。

【实验研究】从实验原理、反应条件以及可能出现的异常现象等方面进行了具体的分析,帮助教师更好地把握实验成功的关键。

【拓展课题分析】较详细地分析了拓展实验的基本原理、操作步骤、装置特点,对实验现象给出一定的解释,设计可能的替代方案,提示实验探究的方法等。

【参考资料】结合本实验专题和研究课题,从化学学科发展的历史、化学研究成果的应用、化学实验知识、化学实验技术等方面提供教学素材,以帮助教师拓展视野,更好地把握教材内容。

在新课程理念和课程改革要求指导下编写和使用高中课程标准实验教科书,对于编者和广大的化学教师而言,都是一项新的、需要尝试和摸索前进的工作。如何有效把握选修教材的教学特点,成功地开展积极而有意义的教学活动,实现《实验化学》选修模块的教学目标,需要广大化学教师的积极参与和共同努力。本书提供的编写思路、教学建议和有关素材仅供参考。我们期待广大教师在教学实践中发挥主观能动性,创造性地组织教学活动,取得更丰硕的教学成果。

本书由王祖浩主编,王程杰任副主编。参加初稿执笔的作者有王程杰、蒯世定、杨敏文、孙丹儿、吴铭、史建高等同志。王祖浩、王程杰确定编写的具体思路,对初稿进行了修改,孙丹儿对文字资料进行了仔细的校核,最后由王祖浩统稿。

限于编写时间和作者水平,本书难免存在疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2006年8月

目 录

绪论	1
专题 1 物质的分离与提纯	4
课题 1 海带中碘元素的分离及检验	4
课题 2 用纸层析法分离铁离子和铜离子	10
课题 3 硝酸钾晶体的制备	15
专题 2 物质性质的探究	24
课题 1 铝及其化合物的性质	24
课题 2 乙醇和苯酚的性质	30
专题 3 物质的检验与鉴别	36
课题 1 牙膏和火柴头中某些成分的检验	36
课题 2 亚硝酸钠和食盐的鉴别	41
专题 4 化学反应条件的控制	50
课题 1 硫代硫酸钠与酸反应速率的影响因素	50

课题 2 催化剂对过氧化氢分解反应速率的影响	56
课题 3 反应条件对化学平衡的影响	69
 专题 5 电化学问题研究	78
课题 1 原电池	78
课题 2 电解与电镀	88
 专题 6 物质的定量分析	99
课题 1 食醋总酸含量的测定	99
课题 2 镀锌铁皮锌镀层厚度的测定	106
 专题 7 物质的制备与合成	111
课题 1 硫酸亚铁铵的制备	111
课题 2 阿司匹林的合成	116

绪 论

《实验化学》是高中化学选修课程的六个模块之一。《实验化学》的宗旨是使学生通过实验学习化学,理解化学和领悟化学。它将化学知识的学习融合在以实验为主的课题当中,使学生在掌握实验技能和实验方法的同时,理解课题中蕴涵的化学知识。通过《实验化学》的学习,不但可以使学生认识到化学实验的实用价值,而且可以培养学生较强的实验能力,锻炼他们的思维,开阔他们的视野,提高他们的科学素养。

一、课程标准对学习内容的要求

1. 课程标准规定,通过《实验化学》模块的学习,学生应主要在以下几个方面得到发展:

(1) 认识化学实验是学习化学知识、解决生产和生活中的实际问题的重要途径和方法。

(2) 掌握基本的化学实验方法和技能,了解现代仪器在物质的组成、结构和性质研究中的应用。

(3) 了解化学实验研究的一般过程,初步形成运用化学实验解决问题的能力。

(4) 形成实事求是、严谨细致的科学态度,具有批判精神和创新意识。

(5) 形成绿色化学的观念,强化实验安全意识。

2. 课程标准规定的内容标准

主题 1 化学实验基础

内 容 标 准	活动与探究建议
1. 认识化学实验在学习和研究化学中的作用。	1. 实验:食用色素的提取和层析分离。
2. 具有安全意识,能顺利地完成化学实验。	2. 科普讲座、查阅资料、参观或观看影像:红外、色谱、原子吸收光谱、核磁共振等现代化学分析测试技术。
3. 树立绿色化学思想,形成环境保护的意识。	3. 实验:用化学方法(或红外光谱法)检验卤代烷中的卤素。
4. 知道物质分离和提纯的常用方法,能根据常见物质的性质设计分离和提纯物质的方案,并初步掌握其操作技能。	4. 实验:用中和滴定法(或气相色谱法)测定食醋中醋酸的含量。
5. 初步了解常见物质的组成和结构的检测方法,知道质谱仪、核磁共振仪、红外光谱仪等现代仪器在测定物质结构中的作用。	5. 实验:酸碱中和反应滴定曲线的绘制。
6. 初步掌握天平、酸度计等仪器的使用方法,能根据误差分析的原理对实验数据进行分析,认识定量分析在化学研究中的重要性。	6. 实验探究:制备硫酸亚铁的条件。
7. 认识反应条件控制在化学研究中的意义和作用,初步掌握控制反应条件的一些方法。	
8. 了解常见物质的制备和合成方法。	

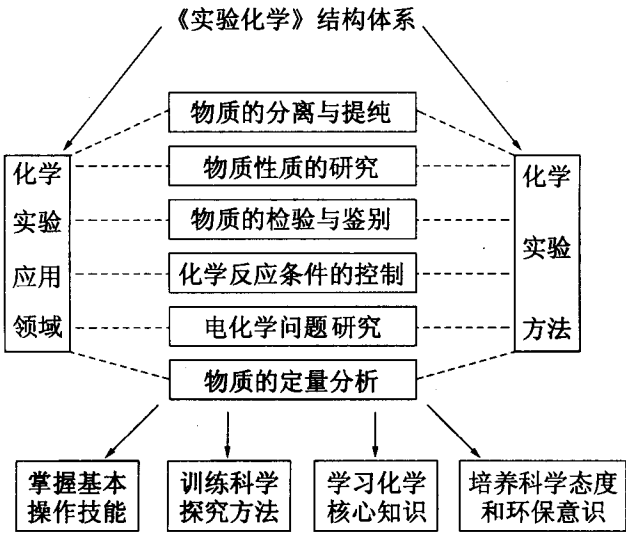
主题 2 化学实验探究

内 容 标 准	活动与探究建议
1. 能发现学习、生产和生活中有意义的化学问题,并能对其进行实验探究。	1. 实验:用氧化还原滴定法或电化学分析法测定污水中的化学耗氧量。
2. 能根据具体情况设计解决化学问题的实验方案,并予以评价和优化。	2. 用比色法测定动物血液或抗贫血药物(或补血剂)中铁的含量。
3. 能通过化学实验收集有关数据,并科学地加以处理。	3. 实验探究硫酸铜溶液与镁、铝、锌等活泼金属反应的产物。
4. 能对实验现象作出合理的解释,运用比较、归纳、分析、综合等方法初步揭示化学变化的规律。	4. 设计实验:金属(或塑料)的电镀。 5. 设计实验:硫酸亚铁铵的制备及纯度测定。

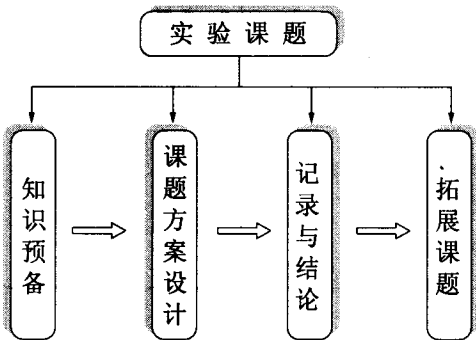
二、教材内容简介

按照课程标准的规定,结合中学化学实验的特点,《实验化学》共分七个专题,每个专题设置 2~3 个课题,共 16 个课题,每个课题设置 1~2 个相关的拓展课题。

另外,在每个专题的结尾处设置有“整理与归纳”和“专题作业”栏目,以便对所学专题知识进行系统地总结。七个专题的基本结构体系及教学目标如下:



课题的内容体系主要由“知识预备”、“课题方案设计”、“记录与结论”和“拓展课题”四部分组成,各组成中穿插有一定针对性的支持性栏目。



三、本课程的基本要求和教学方法

通过《实验化学》的教学,使学生在三个方面达到一定的要求。

1. 通过本课程的教学,使学生加深对所学化学知识的学习和理解。这些知识包括:

(1) 了解化学反应中能量的变化,学习、理解、运用这些知识,研究影响化学反应速率的因素。

(2) 加深对化学平衡基础知识的学习和理解,了解和掌握平衡存在的条件和各种影响平衡移动的因素。

(3) 对物质的物理、化学性质,物质的制备、分离、提纯、合成方法及物质的组成、含量、结构的分析测定,误差分析理论等有关知识有较深入的学习和了解。

(4) 加深对物质的原子、分子结构的基础理论和有关知识的学习和理解,了解各类物质的性质与结构的关系,通过物质结构推测物质的性质。

(5) 掌握化学实验的基本原理、方法手段及操作技能方面的有关知识。

2. 通过本课程的教学,使学生具备一定的能力,具体指:

(1) 具有运用《实验化学》中所学基础理论、基本知识解决相关实际问题的能力。

(2) 具有一定的实验操作能力,能处理实验数据、分析实验结果及书写实验报告,并具有把这种技能运用到本学科后续课程的学习及探究活动中的能力。

(3) 具有把实验化学与其他课程进行交融、渗透与联系的能力,能够举一反三,触类旁通,获取新的化学知识。

(4) 具有自我更新化学实验知识的能力,包括自学阅读能力和利用计算机网络更新知识以及收集、整理、分析和综合信息的能力。

3. 通过本课程的教学,使学生形成吃苦耐劳、严谨求实的工作作风,激发学生积极从事科学实验,探索科学规律的热情。

为了达到上述基本要求,本课程的教学方法可以采用以下方式:

(1) 自学与讲授相结合

多年来的教学实践证明,让学生自学是最有前途、最有效的教学方法之一。教师的职责是讲授重点、难点及注意事项,然后放手让学生自己设计和操作实验,分析问题和解决问题,使学生能够在问题解决的过程中最大限度地发挥自己的主观能动性。

(2) 突出教师的指导和启发作用

不少实验对学生而言是陌生的,在实验方案的设计、实验过程中出现问题的解释、实验操作的安全事项等方面均需要教师的积极引导,使学生在体验实验的过程中能够对问题或现象展开深入的思考。

对于某些探究性的问题,教师应引导学生自行设计实验方案,独立地进行操作,分析可能出现的现象,并给予积极的评价,从而培养学生的创新思维,提高学生的创新能力。

专题 1 物质的分离与提纯

研究一种物质,首先要考虑的是怎样从混合物中将此物质分离出来并进行提纯,然后根据实际需要对该物质进行分析、检验或研究它的结构、组成及应用等。所以,物质的分离与提纯是化学实验的重要组成部分,也是化学实验的重要基础内容。将物质的分离与提纯作为本书的第一个专题进行介绍,既为了体现分离、提纯知识在化学实验中的重要性,也为了使学生在后续的课题学习中进一步加强物质的分离与提纯过程中涉及的基础实验技能。

本专题通过“海带中碘元素的分离及检验”、“用纸层析法分离铁离子和铜离子”、“硝酸钾晶体的制备”等三个课题及相关的拓展课题,介绍了萃取、纸层析、重结晶等物质分离和提纯的基本方法,使学生在认识这些方法的同时,能够对这些方法的使用对象和选择思路有更进一步的认识,使他们深刻体会到这些方法的实用价值。

本专题选取的课题的特点是内容与生活密切相关,如“海带中碘元素的分离及检验”、“茶叶中某些元素的鉴定”、“菠菜的叶绿体中色素的提取和分离”等,这些与生活关系密切的实验内容能极大的引起学生的兴趣和实验热情,使他们对于化学实验与生活的联系有更深刻的认识,并对运用化学方法解决生活中的化学问题有更切身的体会。因此,通过本专题的学习,不但可以使学生的实验技能有所提高,还可以增进学生对化学科学的认识 and 兴趣。

本专题的教学目标有:

1. 了解物质分离和提纯的基本方法,初步学会使用萃取、纸层析、重结晶等方法进行物质的分离与提纯。
2. 了解从植物中分离、提纯某些元素的基本方法,熟悉其操作流程,对于整个实验过程有较深刻的体会。
3. 学会查阅资料初步认识物质的性质,并能根据物质的性质确定分离和提纯该物质的方法。
4. 根据已有知识,学会设计有关物质分离与提纯的实验方案,并能通过实验对实验方案进行评价和改进。
5. 通过实验过程的体验,加强对实验价值的认识,并培养实事求是、严谨细致的科学态度。

教师在教学过程中,应注意让学生体会实验的整个过程,包括实验方案的设计、实验的操作以及实验结果的评价和交流等,使学生能够充分发挥主观能动性,让他们能够最大限度地感受到通过自身努力而使实验成功的乐趣。

课题 1 海带中碘元素的分离及检验

一、学习目标

1. 了解从植物中分离、检验某些元素的实验方法。
2. 熟悉从海带中分离和检验碘元素的操作流程,掌握溶解、过滤、萃取等基本操作。

3. 了解化学实验研究的一般过程,初步形成运用化学实验解决问题的能力。

4. 培养学生对化学实验的兴趣,养成实事求是、严谨细致的科学态度。

二、课时建议

海带中碘元素的分离及检验 1 课时

拓展课题 茶叶中某些元素的鉴定 1 课时

三、编写思路

本课题从生活的角度出发,将生活与化学通过实验联系起来,一方面突显出实验对于解决生活问题的重要性,使学生深刻体会到实验的实用性;另一方面通过对物质分离与提纯的整个实验过程的参与,使学生对于科学研究的过程有初步认识,为后续的实验研究作一定的铺垫。

“海带中碘元素的分离及检验”作为基础课题,其实验过程包括加热、溶解、过滤、萃取、分液等基本操作,实验的技术容量较大,且实验现象明显,成功率也较高,不但有助于加强学生的实验技能,而且实验的成功也能极大地增强学生的实验热情,进一步提高他们对于化学科学的兴趣和认识。

“茶叶中某些元素的鉴定”作为拓展课题,与“海带中碘元素的分离及检验”的操作流程较为相似,但该实验对于反应条件的控制,特别是溶液 pH 的控制较前者严格,其中还包含沉淀法等化学方法,进一步开阔了学生的视野,使学生认识到反应条件的控制对于物质分离与提纯的重要性,从中体会到应根据物质的性质来选择正确的提纯方法。

四、教学建议

1. 实验前,熟悉从海带中提取碘元素的基本流程和注意事项。

由于“海带中碘元素的分离及检验”实验步骤较多,在实验前应让学生对实验方案和每一实验步骤的设计意图都有一个较全面的认识。在学习实验原理和认识实验方案前,建议教师组织学生进行讨论,让学生通过查阅资料,设计从海带中提取碘元素的实验方案,并通过相互交流对实验方案进行评价。在得出有效的实验方案后,要引导学生了解实验操作流程和碘元素的转化流程,帮助学生理清思路。

在学生对实验过程有了初步的认识后,对实验中的注意事项也应加以强调,如应在通风处进行海带的灼烧;用氯水氧化 I^- 时,应注意氯水的用量;在分液操作前应进行分液漏斗的检漏等。以便学生在进行实验时,对实验条件进行有效地控制,提高实验的成功率,增强学生的成就感。

2. 实验过程中,注意实验细节,提高实验的成功率。

若学校的实验条件有限,没有通风系统,为避免学生灼烧海带时造成空气污染,教师可以事先将一定量的海带灼烧好发给学生,再让学生进行实验。

干海带中碘元素的含量约为 0.5%。本实验所用的 5 g 海带中,提碘量仅为 0.025 g,在用氯水氧化 I^- 时,氯水的浓度和用量需适量,过多会使 I^- 氧化为 IO_3^- ($3Cl_2 + I^- + 3H_2O \longrightarrow IO_3^- + 6Cl^- + 6H^+$),过少则降低产率。实验时只需 1 mL 饱和的氯水即可,也可选择双氧水作氧化剂,相对于氯水,双氧水较清洁。分液操作时应选择小一点的分液漏斗,还要注意控制加入 CCl_4 的量,2 mL 即可。

以上这些问题都是需要根据实际情况进行调整的,以确保学生顺利地进行实验。

3. 查阅资料,了解更多有关茶叶的知识。

茶叶中含有多种有机物和无机物,可以引导学生查阅资料,设计茶叶中其他物质的鉴定实验方案,如 Mg^{2+} 、咖啡因等,以培养学生收集信息的能力,开阔他们的视野,更重要的是能将

前面所学的知识进行迁移,提高学生解决问题的能力。

五、实验研究

1. 由于海带中碘的含量十分有限,因此实验过程中要注意减少碘元素的流失,特别是灰化、过滤及萃取这三个步骤,若操作不当,会造成碘元素的累积性流失,从而影响实验效果。

灰化过程中,若灰化温度过高或灰化时间过长,都会造成部分碘元素因被氧化而升华,因此也有人采取在灰化前将干海带洗净后,用 $10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KOH}$ 浓溶液对干海带进行浸泡处理,边浸泡边在坩埚中进行加热。因为在碱性条件下,被空气氧化的碘以碘盐的形式存在,解决了因碘元素升华而使碘流失的问题。

2. 本实验中氧化剂可以选用重铬酸钾、6%双氧水、氯水、氯酸钾、二氧化锰等,这些氧化剂有固态的也有液态的。从反应速率的角度来考虑,应选用液态的氧化剂,如6%双氧水、氯水等;从实验的绿色化角度来考虑,选用6%双氧水作为氧化剂效果最佳。

有人经过实验,证明在酸性条件下, NaNO_2 对 I^- 的氧化作用能起到与双氧水同样的效果:

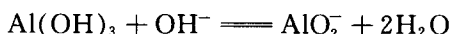


将碘提取出来后,用碱液对碘进行歧化处理,最后再酸化析碘,碘的产率也较高。

六、拓展课题分析

1. Al 、 Fe 的氢氧化物完全沉淀的 pH 范围为 $\text{Fe}(\text{OH})_2 \geq 4.1$, $9 > \text{Al}(\text{OH})_3 \geq 5.2$ 。

因此,本实验先用 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸溶解茶叶灰,然后用氨水将滤液调至 $\text{pH} \approx 7$, 此时 Al 和 Fe 的氢氧化物完全沉淀。过滤后得到滤液及沉淀,滤液中的 Ca^{2+} 可以直接用草酸铵进行鉴定。将沉淀与过量的 $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液反应,由于 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 具有两性,所以又可将 Al^{3+} 分离并鉴定之:



茶叶滤液中的 Fe^{3+} 与加入的 KSCN 溶液反应,生成红色的溶液:



2. 铝试剂,其结构简式如图 1-1 所示。 Al^{3+} 在弱酸性条件下与铝试剂反应生成玫瑰红色的配合物。

七、“交流与讨论”问题解答及分析

碘单质在 CCl_4 中的溶解度比水大,且 CCl_4 与水不互溶,故可以用 CCl_4 作为碘的萃取剂。而酒精能与水互溶,不能起到将碘单质从水中萃取出来的作用,故不能作萃取剂。

八、参考资料

1. 萃取原理

无机盐易溶于水形成水合离子,这种性质叫亲水性。如果要将金属离子由水相转移到有机相中,必须设法将其由亲水性转化为疏水性。只有中和金属离子所带的电荷,并且用疏水基团取代水合金属离子的水分子,才能使水相中的金属离子转移到有机相中。这个过程叫做萃取。

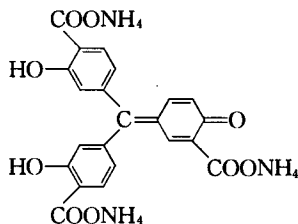


图 1-1 铝试剂的结构简式

重要的萃取体系包括螯合物、离子缔合物、溶剂化合物和无机共价化合物四种体系。在这些体系中,金属离子分别通过生成螯合物、离子缔合物、溶剂化合物,由亲水性转化为疏水性,来实现无机离子由水相向有机相的转移。

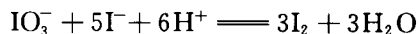
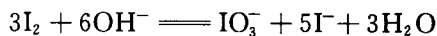
液-液萃取分离法,就是将与水不相溶的有机相与含有多金属离子的水溶液在一起振荡,使某些金属离子由亲水性转化为疏水性,同时转移到有机相中,而另一些金属离子仍留在水相中,以达到分离的目的。

2. 碘单质的反萃取法

将实验中萃取后的四氯化碳溶液收集起来后,向其中慢慢滴加 40% NaOH 溶液,边滴加边振荡,直到四氯化碳层不显红色为止。

将混合液转入分液漏斗中,静置分液。向得到的水溶液中滴加 45% 硫酸溶液使其酸化,可重新生成碘单质。由于碘单质在水中的溶解度很小,可沉淀析出。

分离后,可以得到固态碘单质。有关的化学反应为:

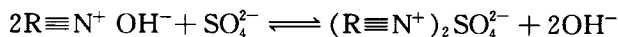
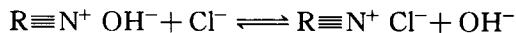
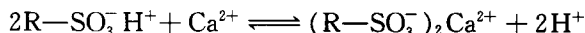


3. 分离混合物的其他方法

(1) 离子交换分离法

离子交换分离法是目前最主要和应用最广泛的化学分离方法之一,它几乎可以用来分离所有的无机离子,同时也能用于分离许多结构复杂、性质相似的有机化合物。该方法不仅可用于实验室超微量物质的分离,也能满足工业生产中大规模分离的要求。

离子交换法是利用离子交换剂与溶液中的离子之间所发生的交换反应来进行分离的方法。离子交换剂有无机离子交换剂和有机离子交换剂。有机离子交换剂是一种高分子化合物,又称离子交换树脂,它具有网状结构,在水、酸和碱中均难溶,对有机溶剂也有一定的稳定性。在离子交换树脂的网状结构骨架上,有许多可以与溶液中的离子起交换作用的活性基团,如 $-\text{SO}_3^- \text{H}^+$ 、 $-\text{COO}^- \text{H}^+$ 、 $\equiv \text{N}^+ \text{OH}^-$ 等。当水流过离子交换树脂床时,树脂骨架上的活性基团中的 H^+ 或 OH^- 就和水中的 Na^+ 、 Ca^{2+} 或 Cl^- 、 SO_4^{2-} 等发生离子交换,有关的离子方程式为:



这样,水中的无机离子被截留在树脂床上,而交换出来的 OH^- 和 H^+ 发生中和反应,使水得到了净化,这种交换反应是可逆的,当用一定浓度的酸或碱处理树脂时,无机离子便从树脂上洗脱出来,树脂得到再生。

(2) 电化学分离法

根据原子或分子的电性质以及离子的带电性质和行为进行化学分离的方法称为电化学分离法,主要包括自发电沉积、电解沉积、电泳、电渗析等。

① 自发电沉积

一种元素的离子自发地沉积在另一种金属电极上的过程称为自发电沉积,如浓度为 $1.44 \times 10^{-7} \sim 5 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的放射性元素 Po 可以在 Au 电极上沉积。自发电沉积分离法非常简单,但仅应用于分离个别不活泼的放射性元素。

② 电解沉积

电解沉积是指电解液中的金属离子在外加电压、恒定电流作用下沉积在电极上的过程。当电解液中同时存在几种不同的离子时,只有当外加电压达到各种离子相应的临界沉积电势时才会使各种离子在电极上逐一沉积下来。由于电解沉积一般耗时较长,而其逆过程——电解释放速度很快,有快速分离的特点,所以目前电解沉积主要作为电解释放分离的预富集手段,适用于同位素分析、绝对测量、裂变参数测量和核反应研究等。

③ 电泳

电泳是在电场作用下电解质溶液中的带电粒子向两极做定向移动的一种电迁移现象。由于带电粒子在迁移速率上有差别,可用电泳法来分离不同的金属离子,只要选择合适的电泳条件,大多数无机离子都可以用电泳方法进行分离。

④ 电渗析

电渗析分离是离子在电场中迁移和离子交换技术相结合的一种化学分离方法。如将核裂变产物 Zr、Tc、Ce、Sr 等的氢氟酸溶液放在两边有离子交换膜的容器中,当两极之间加一定电压后,Zr、Tc 向阳极运动,Ce、Sr 向阴极运动,分别通过两边的离子交换膜,从而达到分离的目的。

4. 分离、提纯方法的选择思路

分离、提纯方法的选择思路是根据被分离提纯物质的性质和状态来确定的。具体如下:

(1) 分离提纯物是固体(从简单到复杂方法):加热(灼烧、升华、热分解)、溶解、过滤(洗涤沉淀)、蒸发、结晶(重结晶)、电精炼。

(2) 分离提纯物是液体(从简单到复杂方法):分液、萃取、蒸馏。

(3) 分离提纯物是胶体:盐析或渗析。

(4) 分离提纯物是气体:洗气。

说明:

利用蒸发与结晶都可以使溶液中的溶质以固体形式析出,具体采用何种方法,取决于溶质的性质和溶质的溶解度。

① 溶质的溶解度

蒸发过程中,一方面由于溶剂减少,析出溶质,另一方面由于溶液温度升高,再溶解溶质。要使蒸发过程中析出较多固体溶质,溶质的溶解度随温度升高应变化不大或减小,所以将溶液蒸发提纯的固体是溶解度随温度升高变化不大或减小的物质。结晶(一般指降温结晶)要析出较多的固体,溶质的溶解度随着温度升高增加很快,这样不饱和的热溶液降低到低温时才能析出固体,故将溶液降温结晶提纯出的固体是溶解度随温度升高增加很快的物质。

如果将 NaCl 和 NaOH 混合溶液蒸发一段时间,析出的固体是 NaCl,母液中是 NaOH 和少量 NaCl。如果将混合溶液降温,使溶质以晶体析出,则析出的固体是 NaOH,母液中是 NaCl 和少量 NaOH。

② 溶质的性质

蒸发过程中,溶液的温度升高,溶液中的溶质可能会发生反应而变质。下列两种情况不能用蒸发方法,应选择结晶方法。

第一种情况:溶质在受热时易分解。

如 AgNO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 KMnO_4 等物质的提纯就不能用蒸发法,但若能使水的蒸发温度低于溶质的分解温度,还是可以用蒸发方法进行提纯的,如 NaHCO_3 溶液在低温、低压下蒸干,得到的便是固体 NaHCO_3 。

第二种情况:盐类的水解产物中有挥发性酸生成。

如 FeCl_3 、 AlCl_3 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 等溶液,在蒸发时,因水解产生的 HCl 、 HNO_3 的挥发,促进了盐的水解,最后得到的固体是水解产物的分解产物 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CuO 。如 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 NaAlO_2 、 Na_2CO_3 等盐溶液,虽然也发生水解,但水解产物 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 H_2SO_4 、 NaHCO_3 、 NaOH 都不是挥发性物质,在蒸发时,对水解起到了抑制作用,所以最后得到的还是原溶质。

5. 茶叶主要成分的介绍

(1) 鞣质 茶叶中含有鞣质,鞣质又称单宁酸,存在于多种树木(如橡树和漆树)的树皮和果实中,含量达 50%~70%。鞣质为黄色或棕黄色无定形松散粉末,在空气中颜色会逐渐变深,具有强吸湿性,不溶于乙醚、苯、氯仿,易溶于水、乙醇、丙酮。水溶液味涩,在 210~215℃ 时分解。鞣质不是单一的化合物,化学组成比较复杂,大致可分为两种:①缩合鞣质,是黄烷醇衍生物,分子中黄烷醇的 2 位通过碳碳键与儿茶酚或苯三酚结合;②可水解鞣质,分子中具有酯键,是葡萄糖的没食子酸酯。

鞣质可作止血剂,在医药上曾用于治疗咽喉炎、扁桃腺炎、痔疮和皮肤疱疹等,还可治疗腹泻、肠出血等;鞣质能与金属、生物碱和糖苷等生成沉淀,对这些物质具有解毒作用;鞣质可用于鞣革、墨水的制造,纸张和丝绸的上胶,锅炉防垢等,还可做媒染剂、橡胶的凝结剂等。鞣质本身毒性很低,小鼠口服致死剂量为 $6\text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

(2) 咖啡因 又名咖啡碱,是一种黄嘌呤型生物碱,学名为 1, 3, 7-三甲基-2, 6-二氧嘌呤,其结构简式如图 1-2 所示。咖啡因作为天然有机化合物广泛存在于咖啡、茶等多种植物中,是茶叶和咖啡豆中的活性成分。茶叶中咖啡因的含量从 1% 到 5% 不等。

含结晶水的咖啡因因为无色针状结晶,味苦,能溶于水(2%)、乙醇(2%)及氯仿(12.5%)等,在苯中的溶解度为 1%(热苯中为 5%)。在 100℃ 时即失去结晶水,并开始升华,120℃ 时升华相当显著,至 178℃ 时升华很快。升华得到白色针状晶体,熔点为 234~236.5℃。

利用咖啡因在氯仿中溶解度较大的性质,可通过萃取茶叶的水浸渍液提取咖啡因。根据其升华的性质,可用升华法进一步提纯咖啡因。

咖啡因是一种最古老的兴奋剂,具有推迟睡眠、提高警觉、促进思考等功效。在医学上用作心脏、呼吸器官和神经系统的兴奋剂;和溴剂适当合用,可治疗神经衰弱及用作利尿剂、麻醉剂及吗啡中毒的解毒药;和阿司匹林、非那西汀按一定比例混合制得的复方 APC 药片是退热止痛的良药。但过度使用咖啡因会增加抗药性和产生轻度上瘾。

(3) 丹宁 丹宁不是单一的物质,是相对分子质量为 500~3 000 的一种酚类化合物,所以又名茶多酚。丹宁通常分为两类,一类能水解,另一类不能水解。能水解的丹宁是由双没食子

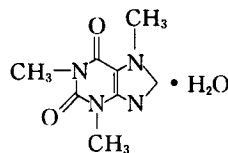


图 1-2 咖啡因的结构简式

酸基与葡萄糖中某一位上的羟基连接而成,是一种酯的混合物,这类丹宁在热水中水解生成没食子酸和葡萄糖。另一类是儿茶素的缩聚物。

茶多酚是由 30 种以上的酚类物质组成的混合物,其中儿茶素(又名二茶酚)含量最高,在茶多酚总量中占 60%~80%。

茶多酚在乙酸乙酯中的溶解度较大,并且能与重金属作用产生沉淀,故可用沉淀、萃取等方法来提取茶多酚。也可用此方法从茶叶、粗咖啡中提取咖啡因作为对照实验。

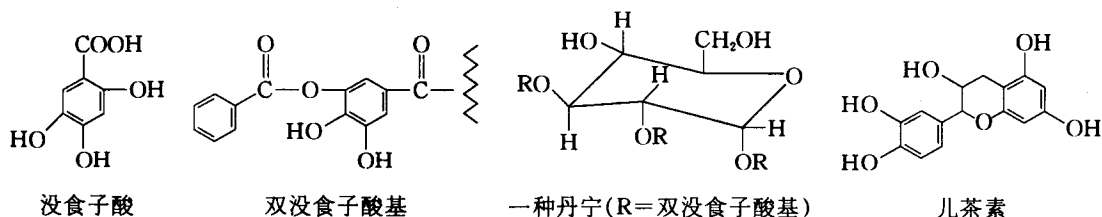


图 1-3 几种物质的结构简式

课题 2 用纸层析法分离铁离子和铜离子

一、学习目标

1. 了解纸层析法的原理,熟悉其操作方法和步骤。
2. 通过用纸层析法进行微量物质的分离,来加深对纸层析法的认识。
3. 培养学生细致、认真的科学态度。

二、课时建议

用纸层析法分离铁离子和铜离子	1 课时
拓展课题 菠菜的叶绿体中色素的提取和分离	1 课时
拓展课题 用粉笔进行层析分离	1 课时

三、编写思路

物质的分离和提纯方法主要有重结晶、升华、蒸馏、萃取、色谱分离技术、离子交换分离技术以及膜分离技术等。纸层析法作为色谱分离技术中的一种方法,具有原理易懂、操作简单、分离效率高、所需仪器简单、应用范围广等特点。因此,色谱分离技术中的纸层析法是比较适合中学生学习的一种物质分离方法。

本课题选取“用纸层析法分离铁离子和铜离子”为基础课题,该实验过程包括了装置制作、点样、配制展开剂、展开、显色等纸层析法的基本操作技术,较完整地反映了纸层析法的操作流程。通过该实验不但可以使学生对纸层析法有较全面的认识,而且基本操作技术的熟悉和掌握也有利于学生将该方法用于其他性质相似的物质的分离。

“菠菜的叶绿体中色素的提取和分离”作为中学生物教学中的一个传统实验,对学生来说并不陌生,将其作为拓展课题,一方面有助于学生更进一步了解纸层析的实用价值,另一方面也可以让学生认识到化学分离技术的应用之广泛,使学生对于化学分离技术有更深刻的体会和认识。

用粉笔作为层析实验的材料来分离红、蓝墨水混合液中的色素,具有一定的趣味性,且原料取材方便、操作简单、能引起学生的实验兴趣,而且分离结果的好坏与操作方法直接相关,便

于学生通过实验结果对实验过程进行反思,培养他们的实验反思能力和实事求是的科学态度,并且粉笔的使用可以启发他们的创新思维。

四、教学建议

1. 实验前了解纸层析的实验原理和实验步骤。

实验前,应使学生对于色谱分离技术有初步的认识,可以先向学生说明色谱分离技术的分离原理及应用对象,再简要介绍色谱分离技术中的柱色谱、薄层色谱以及纸层析,让学生对这些色谱分离方法有整体的了解,减少他们对色谱分离方法的陌生感。然后重点介绍纸层析法,包括原理、操作步骤、操作方法等,并对纸层析实验中的每一项操作步骤作详细的说明。如点样时,应注意点样位置、点样次数;展开时,应注意滤纸条的放置方法等。这些与分离效果密切相关的实验步骤应特别强调。

2. 利用拓展课题拓宽学生的知识面。

利用“菠菜的叶绿体中色素的提取和分离”实验,教师可以引导学生查阅有关叶绿体的资料,了解叶绿体中色素的性质,并让学生分析该实验的分离原理,解释分离的效果。利用“用粉笔进行层析分离”实验,引导学生学会通过多种途径获取层析材料,在查阅有关资料进行总结后,能够试着设计有关纸层析的新实验,以解决新问题。

五、实验研究

1. 滤纸的准备:以层析专用滤纸为好。若无层析滤纸,也可选取质量均一、平整、纸纹一致的干净滤纸代替。滤纸按一定规格剪成条状,且应使层析方向与滤纸纤维的方向垂直。将滤纸条的一端弯折1 cm后,用弯成直角的大头针横向别住,以便滤纸条能挂在橡皮塞下面的大头针上。滤纸条的长度以下端能浸入展开剂中1 cm为宜。

2. 点样:点层析试样是决定能否取得理想实验效果的重要操作。将试样溶于水或低沸点的有机溶剂(丙酮、乙醇、氯仿等)中配成溶液。用内径小于1 mm的毛细管吸取样品溶液,在离滤纸条一端2 cm的“原点”(事先用铅笔画好)处点一直径为0.3~0.5 mm的斑点。如果溶液太稀,一次点样不够,则应待溶液挥发后在原处再重复点样3~5次,每次都点在同一位置上,晾干后备用。也可以多准备2~3张滤纸条进行点样,晾干后备用。

3. 展开:在试管(25 mm×200 mm)中加入一定量的展开剂,将点过样的滤纸条平整地悬挂在橡皮塞下的大头针上,不可触及试管的内壁,使滤纸条下端浸入展开剂中约1 cm,切勿使所点的试样沾湿,塞紧橡皮塞。也可以采用圆形滤纸,将点过样的圆形滤纸搁在培养皿上,使缺口中的滤纸或滤纸芯浸入展开剂中,然后盖上同样大小的另一个培养皿。这时,展开剂借助毛细管的作用逐渐向上移动,滤纸上的斑点也逐渐向上移动。混合物中各组分因向上移动的速度不同而被分开。分离 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 可用丙酮:浓盐酸:水=1:3:2(体积比)的混合液作展开剂。

4. 显色:有色物质展开后得到不同颜色的色斑,不需要显色就能看清楚。无色物质展开后,要根据该化合物的特性,采用不同的方法进行显色。

5. 分离:若要将层析分离物提取出来,可将滤纸上分离物质的斑点剪下,浸于有关溶剂中,即可提取纸上层析物。

六、拓展课题分析

1. 菠菜的叶绿体中色素的提取和分离(华东师范大学化学系 孙维昌供稿)

(1) 影响实验效果的因素分析

叶绿体色素的层析实验效果的影响因素主要有以下几个:①取材——材料中叶绿体色素