

普通高中课程标准实验教科书

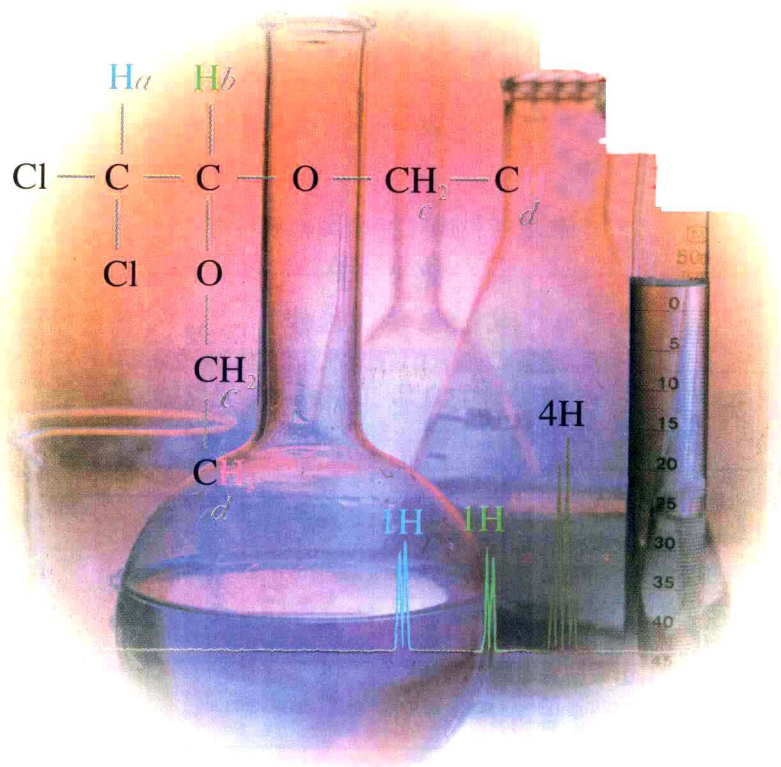
化 学

实验化学 (选修)

北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组编

全套教材主编 王 磊 陈光巨

本册教材主编 王 磊



 山东科学技术出版社

责任编辑 刘宗寅 郑淑娟 刘大诚
封面设计 史速建 董小眉

普通高中课程标准实验教科书

化 学

实验化学 (选修)

北京师范大学国家基础教育课程标准实验教材总编委会组编

全套教材主编 王 磊 陈光巨

本册教材主编 王 磊

出版者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号 邮编：250002 电话：(0531)82098082

发行者：广东省新华书店

地址：广州市大沙头四马路12号 邮编：510103 电话：(020)83781036

印刷者：山东新华印刷厂德州厂

地址：德州市新华路155号 邮编：253006 电话：(0534)2671209

开本：880mm×1230mm 1/16 印张：9 字数：200千

版次：2005年5月第1版 2006年8月第5次印刷

ISBN 7-5331-4006-0/G·385 (课)(复膜本) 定价：10.19元

致同学们

化学实验是化学科学赖以产生和发展的基础, 化学的每一次重大突破, 都与实验方法的改革密切相关, 因此长期以来, 化学被称为“实验的科学”。

古代, 制陶、冶金、酿酒等工艺, 孕育了化学实验的萌芽。随后兴起的炼丹术, 是早期化学实验的典型代表。炼丹术士发明的蒸馏器、烧杯、冷凝器和过滤器等化学实验仪器, 以及焙烧、溶解、过滤、结晶、升华及蒸馏等实验操作方法, 为后来许多物质的制取奠定了基础。



我国古代炼丹术士发明的水银蒸馏器

17~19世纪, 随着欧洲资本主义生产方式的诞生和工业革命的进行, 以及天文学、物理学等学科的重大突破, 化学实验终于冲破了炼丹术的桎梏, 走上了科学的道路。化学家波义耳(R. Boyle, 1627-1691)和拉瓦锡(A.L. Lavoisier, 1743-1794)为此做出了巨大的贡献。波义耳是近代化学科学的确立者, 也是化学科学实验的重要奠基人。他认为, 只有运用严密的和科学的实验方法才能够把化学确立为科学。拉瓦锡则把近代化学实验推进到定量研究的水平。之后, 人们创立、发展了系统定性分析法、重量分析法、滴定分析法、光谱分析法、电解法等很多经典的化学实验方法。



波义耳

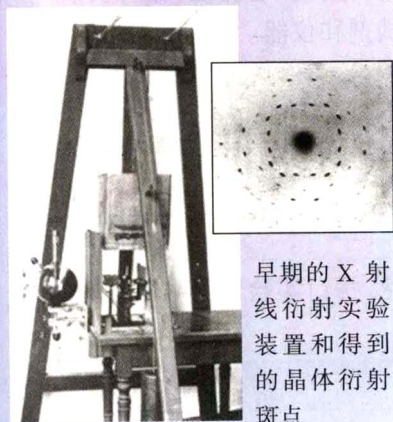


拉瓦锡

19世纪末、20世纪初, 以电子、X射线及放射性等三大发现为标志, 化学实验进入了现代发展阶段, 运用X射线衍射法等分析方法测定了许多物质的结构。随着现代化学实验仪器、设备和

方法的不断进步, 人们完成了很多过去根本无法实现的实验, 合成出大量结构复杂的物质。

20世纪以来, 尽管理论化学的研究获得了惊人的发展、数学方法等被广泛引入



早期的X射线衍射实验装置和得到的晶体衍射斑点



X射线衍射仪

化学，但是理论推导和数学计算的结果是否正确，仍然需要用实验来验证。现在，实验手段逐渐向仪器化、自动化、微型化发展，红外光谱、核磁共振和质谱等实验手段已被广泛使用。

本教材按照化学实验方法的应用领域构建了“物质的分离”“物质性质及反应规律的研究”“物质的检测”和“物质的制备”四个一级主题，精选了20个类型、难度、属性不同的实验活动，设计与各主题密切相关的主题拓展，向同学们展示化学这门以实验为基础的自然科学的丰富内涵和独特魅力，引导大家体会实验对于认识 and 解决问题以及进行科学探究的重要意义，提高综合探究能力，并为将来学习化学、进行化学研究奠定良好的基础。

本教材的实验活动按照“活动背景”“活动任务”“你将会有哪些收获”“原理解析”“设计实验方案”“实施实验方案”“交流·研讨”“进一步探索”这一思路展开。



一种催化微反应器

活动背景

提供相关的背景资料，引导同学们体会实验活动的意义。

活动任务

介绍实验活动的具体任务。

你将会有哪些收获

介绍通过实验活动将在化学知识、实验方法和技能等方面取得的收获。

原理解析

介绍实验所依据的基本原理，以及必要的化学知识。

设计实验方案

引导同学们确定实验思路，选择实验方法，设计实验活动的具体操作步骤，选择试剂和仪器。

实施实验方案

引导同学们进行具体实验操作，积极思考并认真记录实验现象。

交流·研讨

引导同学们总结实验结论，探讨实验过程中发现的问题，提升对实验方法的认识。

进一步探索

开展课外拓展活动，使实验活动更加深入。



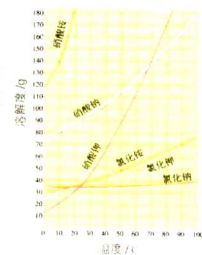
图2

活动背景

人们常常利用电解的方法生活的需要。例如,电解饱和食成氯碱工业的基础;电解氧化进入平民百姓的家庭,进而又化合物制备金属钛,使钛成为近新的工业。那么,由做实验

原理解析

将硝酸钾粗品配成热的浓溶液,将其冷却时,由于硝酸钾在水中的溶解度随温度的降低而减小,溶液中的硝酸钾将达到饱和从而析出晶体。由于杂质含量很低,不会达到饱和,仍留在母液中,从而达到提纯的目的(重结晶)。 (crystallization)



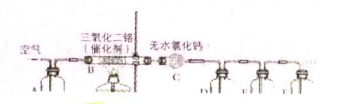
设计实验方案

在进行溶液的纯化时,选择合适的试剂将溶液中的杂质离子转化为沉淀除去,这种方法叫做化学沉淀法(chemical precipitation method)

请你分析和食盐水的组成和杂质的类型,参考以

实施实验方案

- 以下实验方案供你参考
1. 组装仪器:按图4-2-5所示组装仪器,并检查装置气密性。
 2. 添加试剂:按图4-2-5所示,在各仪器中加入相应的试剂。



进一步探索

锌及其化合物间的相互转化

根据对锌及其化合物性质的认识,设计实验实现图2-1-4所示的物质转化(可一步完成,也可分几步完成),实施你的实验方案,并检验反应产物。

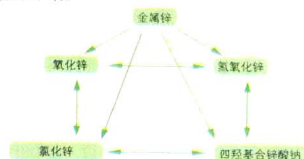


图2-1-4 锌及其化合物间的转化



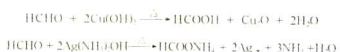
图2-1-15 甲醛与新制氢氧化铜反应的现象



图2-1-16 银镜反应中“工”的生成



甲醛具有还原性,能够被强氧化剂(酸性KMnO₄溶液氧化,也可以被弱氧化剂——新制的氢氧化铜或氢氧化二氨合银Ag(NH₂)₂OH氧化,分别生成砖红色的氧化亚铜沉淀和银单质(可形成银镜))在实验室内,常用这两个反应来检验醛基的存在



在有机化合物中,还有一部分分子中有醛基的物质,如乙醇、丙酮等,它们统称为醛类。醛类物质具有相似的化学性质,如能与新制的氢氧化铜、银氨溶液发生反应。此外,醛类物质分子中含有碳氧双键,在一定的条件下,它们能与氢气发生加成反应。



交流·研讨

1. 在实验过程中,你学会了哪些官能团的检验方法?请你以含有该官能团的有机化合物为例,写出检验该官能团所涉及反应的化学方程式。
2. 了解其他同学的实验方案,选出你认为较好的实验方案并说明理由。
3. 请设计实验证明2-丁烯醇($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}(\text{OH})-\text{H}$)中存在碳碳双键和醇基。
4. 你认为有机化合物中官能团检验的一般程序和方法是什么?检验官能团时应注意哪些问题?

若有机有两种或两种以上官能团,在对某团进行检验时,能团间有影响,掩蔽起来。

本教材还采用“方法导引”“问题对话框”等栏目,帮助同学们进行实验探究;通过“知识支持”“资料在线”“工具栏”等栏目,为大家的实验活动提供一定的资料和信息支持;设置“安全提示”,提醒大家注意实验中的安全事项,增强安全意识;开辟“化学与技术”“身边的化学”“拓展视野”等资料性栏目,引导大家了解相应的化学实验在生产、生活和科技发展中的应用,拓宽大家的视野。

在学习过程中,同学们要勤于动手、仔细观察、积极思考、善于质疑并且要注意实验安全、遵守实验室规则。希望本教材能够引导同学们在实验活动中体味化学的奥妙,掌握有关的实验方法,培养基本的实验技能,发展自己的探究能力。

目录 CONTENTS

主题 1 物质的分离

课题 1 盐的精制	3
活动 1 粗食盐水的精制	3
活动 2 硝酸钾粗品的提纯	6
课题 2 植物中某些成分的提取	10
活动 1 从海带中提取碘	10
活动 2 菠菜中色素的提取与分离	14
综合实验活动 从茶叶中提取咖啡因	19
主题拓展 分离技术在生产中的应用	23
本主题概括整合	25

主题 2 物质性质及反应规律的研究

课题 1 研究物质性质的基本方法	28
活动 1 锌及其化合物性质的研究	28
活动 2 有机化合物性质的研究	33
课题 2 认识发生在盐溶液中的化学反应	41
活动 1 认识盐类的水解	41
活动 2 研究电解	46
综合实验活动 反应条件对化学反应的影响	52
主题拓展 现代实验技术在研究物质性质及反应规律中的应用	60
本主题概括整合	62

主题3 物质的检测

课题1 物质组分的检验	65
活动1 常见离子的检验	65
活动2 常见官能团的检验	69
课题2 物质中某组分含量的测定	73
活动1 食醋中总酸量的测定	73
活动2 补铁剂中铁含量的测定	79
综合实验活动 阿司匹林药片有效成分的检测	85
主题拓展 现代仪器分析方法及其应用	91
本主题概括整合	93

主题4 物质的制备

课题1 实验室制备日用化学品	96
活动1 肥皂的制备	96
活动2 纯碱的制备	99
课题2 实验室制备化工原料	104
活动1 乙酸乙酯的制备	104
活动2 氨氧化法制硝酸	108
综合实验活动 酿制米酒	114
主题拓展 从实验室到工厂——化工过程开发	120
本主题概括整合	122

附录

1. 化学实验常用仪器	123
2. 几种仪器的使用方法	127
3. 利用pH传感器测定食醋的总酸量	129
4. 利用色度计测定食物中铁元素的含量	130
5. 实验规则和安全要求	132
6. 部分酸、碱和盐的溶解性表(20℃)	134
元素周期表	

主题 1

物质的分离

- ▶ 课题 1 盐的精制
- ▶ 课题 2 植物中某些成分的提取
- ▶ 综合实验活动 从茶叶中提取咖啡因
- 主题拓展 分离技术在生产中的应用
- 本主题概括整合



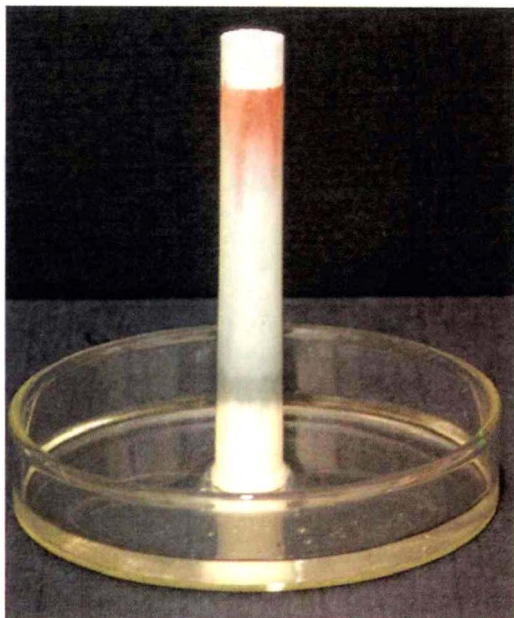


图1 红墨水与蓝墨水的分离

在开始学习本主题之前，请你观察一个小实验。

取一支白粉笔，用毛笔蘸取红墨水和蓝墨水的混合液在距离粉笔粗端底面2 cm处画一个圈，并将这一端朝下，立在盛有少量水的培养皿中，不久就可以观察到两种颜色的墨水居然分开了！这是一个物质分离的过程，你知道这个过程依据的分离原理是什么吗？

人们常常需要对一些混合物进行分离纯化，

或从中提取某种有用的物质。例如，分离除去粗盐中的杂质，得到纯净的食盐供食用或用于氯碱生产；从海带中提取碘，将其用于半导体材料的研制和生产；从茶叶中提取咖啡因，用它来生产食品添加剂或药物。你知道用哪些方法能够完成上述分离任务吗？它们所依据的原理各是什么？



图2 学生正在进行分离实验

物质的分离是实验化学的一项基本内容，也是化学研究的一个重要任务。在性质研究、结构测定以及化学合成的过程中，人们通常需要使用纯度较高的物质，因此分离混合物以获取纯净的物质，是这些研究工作的基础。

常用的分离方法有重结晶法、萃取法、升华法、色谱法、化学沉淀法等。在本主题中，我们将通过具体的实验活动系统地学习这些分离方法。

你已经具备的基础

- 知道了一些常见的离子反应；
- 了解了温度对物质溶解度的影响；
- 能够进行溶解、过滤、蒸发等基本操作。

课题 1 盐的精制

盐类物质在生产、生活中具有重要的作用。例如，食盐不仅是人们必备的调味品，而且是化工、医药等工业的原料；硝酸钾既可用做钾肥，也可用于烟花、陶瓷等的制造。

盐在使用前，常常需要精制。对可溶性盐来说，如果混有的杂质是难溶的，可将盐配成溶液，过滤除去杂质。初中化学中的粗食盐提纯实验使用的就是这种方法。那么，如果混有的杂质是可溶的，又该用什么方法将它们除去呢？

活动 1 粗食盐水的精制

活动背景

氯碱工业通过电解饱和食盐水制得烧碱、氢气和氯气，进而生产出一系列产品。氯碱工业的主要原料——粗盐来源于海盐、湖盐、井盐或岩盐，主要成分是氯化钠，其中夹杂有泥沙等不溶性杂质和可溶性钙盐、镁盐等。在氯碱工业中，粗盐所含杂质会降低电解槽隔膜的使用寿命，增加产品的能耗，还会带来安全隐患。因此，氯碱生产的第一步是除去粗食盐水中的杂质。



图 1-1-1 海水晒制的粗盐含有多种杂质

活动任务

除去粗食盐水中的不溶性杂质，以及 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 等杂质离子，得到精制食盐水。

你将会有哪些收获

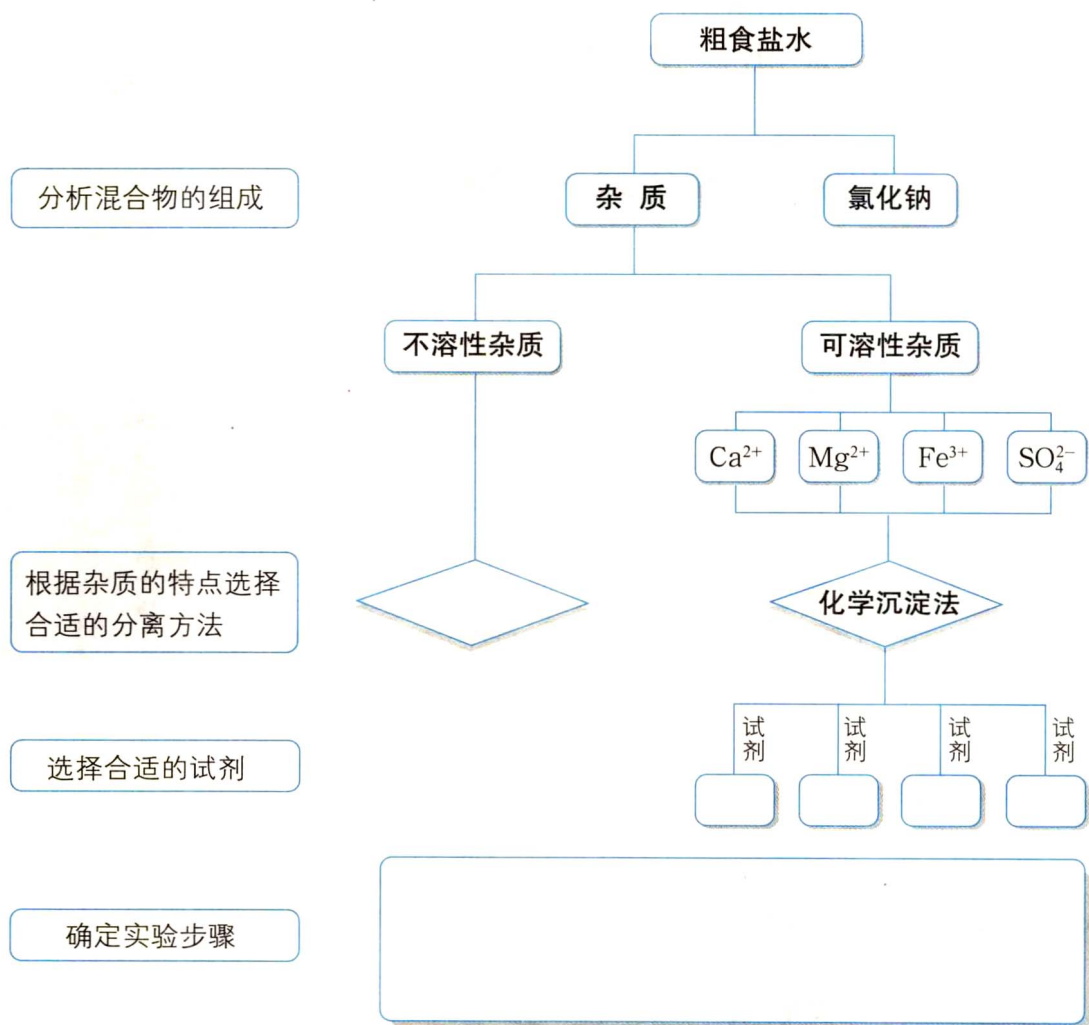
- 学会用化学沉淀法纯化粗食盐水，了解氯碱生产中粗食盐水精制的方法；
- 体会在用化学沉淀法除去杂质的过程中，试剂的滴加顺序对纯化效果的影响；

- 学会设计用化学沉淀法进行物质分离的实验方案，掌握有关的基本操作。

设计实验方案

在进行溶液的纯化时，选择合适的试剂将溶液中的杂质离子转化为沉淀除去，这种方法叫做化学沉淀法(chemical precipitation method)。

请你分析粗食盐水的组成和杂质的类型，参考以下流程设计实验方案。



实施实验方案

请实施你的实验方案，做好实验记录。将纯化后的溶液倒

入指定的容器中，供以后实验使用。

实验记录

实验步骤	实验现象	实验结果

交流·研讨

1. 怎样才能将杂质完全除去而不引入新的杂质？你都选用了哪些试剂？它们各有什么作用？这些试剂是按照什么顺序加入的？顺序可以改变吗？为什么？

2. 看一看其他同学都采用了哪些方案，并对不同的方案进行评价。

3. 用化学沉淀法除去杂质的基本思路是什么？在设计和实施实验方案时应该注意些什么问题？



1. 一种试剂的加入，可能会给所要纯化的溶液引入新的杂质，所引入的杂质在后续实验中应该如何除去？

2. 为了使杂质完全除去，加入的试剂应该是过量的。如何判断加入的试剂是否过量？

3. 杂质除去后，还需要对纯化效果进行检验。应如何检验纯化后的溶液中是否存在 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 SO_4^{2-} 等离子以及加入的试剂可能引入的杂质？

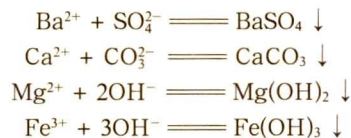
化学与技术

氯碱工业中粗食盐水的精制

1. 氯碱工业中粗食盐水精制的流程

化盐	将粗盐溶解，得到饱和食盐水
精制	加入试剂，使杂质离子转化为沉淀
澄清	沉淀颗粒在澄清桶中沉降，聚集为盐泥
过滤	将沉降后的上层液体过滤，进一步净化得到精盐水
重饱和	精盐水通过精制的固体盐层，使盐水重新达到饱和
中和	用盐酸中和盐水精制时加入的过量的碱（也除去过量的碳酸钠）
盐泥的利用	经洗涤、过滤回收其中的食盐；其他成分可制成有用的产品加以利用，如经过分离制成的轻质氧化镁，可供造纸或橡胶工业使用

在氯碱生产中，常用氯化钡除去 SO_4^{2-} ，用碳酸钠除去 Ca^{2+} ，用氢氧化钠除去 Mg^{2+} 和 Fe^{3+} 。涉及到的反应的离子方程式为：



2. 膜法在粗食盐水精制中的应用

随着适于氯碱工业使用的半透膜的开发，膜法在粗食盐水精制中的应用越来越广泛。膜法采用的是 Na^+ 和 Cl^- 容易透过，而对 SO_4^{2-} 阻碍作用很大的半透膜。当盐水通过半透膜时， Na^+ 、 Cl^- 可顺利通过，而98%的 SO_4^{2-} 被阻挡住，从而起到除去 SO_4^{2-} 的作用。

活动2 硝酸钾粗品的提纯

活动背景



图 1-1-2 硝酸钾是制造烟花的主要原料之一

硝酸钾为无色晶体，具有强氧化性，是制造火药、烟花等产品的主要原料之一；还广泛应用于陶瓷、玻璃、金属热处理、选矿、电镀和造纸等多种行业。硝酸钾还是一种重要的化肥。

工业上多以硝酸钠和氯化钾为主要原料生产硝酸钾，副产品为氯化钠。将硝酸钾和氯化钠分离后，得到的硝酸钾粗品中常常含有少量氯化钠等杂质。那么，如何除去这些杂质呢？在生产中常用的方法是重结晶法。

活动任务

用重结晶法除去硝酸钾粗品中的氯化钠等可溶性杂质，得到较纯的硝酸钾。

你将会有哪些收获

- 了解重结晶的基本原理，认识蒸发结晶与重结晶两种分离方法的适用条件；
- 掌握用重结晶法提纯物质的步骤和基本操作；
- 初步形成对物质纯化的效果进行评价的意识。

原理解析

将硝酸钾粗品配成热的浓溶液，将其冷却时，由于硝酸钾在水中的溶解度随温度的降低而减小，溶液中的硝酸钾将达到饱和从而析出晶体。由于杂质含量很低，不会达到饱和，仍留在溶液中，过滤即可将硝酸钾与杂质分离，达到提纯的目的。这种方法称为**重结晶法**（recrystallization）。

实验方案及其实施

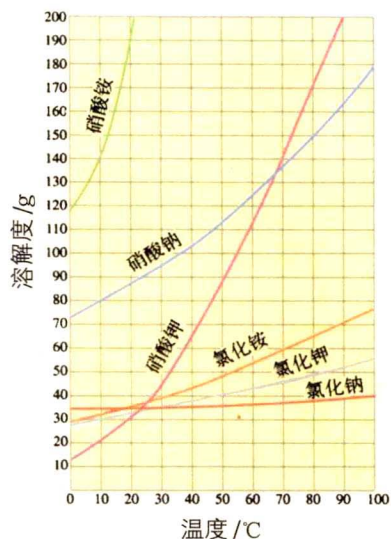
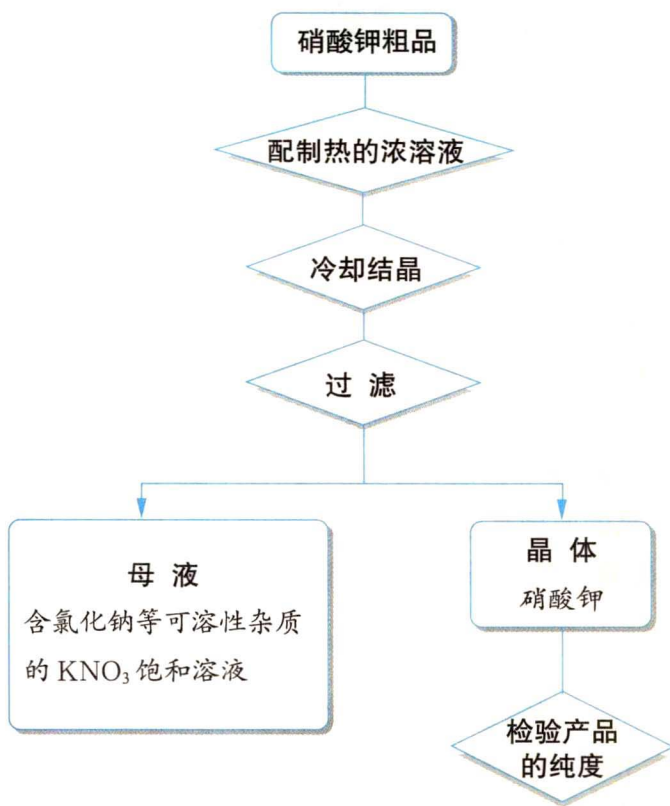


图 1-1-3 几种物质的溶解度曲线



1. 称取 6 g 硝酸钾粗品，加入到小烧杯中，再加入 10 mL 蒸馏水。用酒精灯加热，搅拌，待晶体全部溶解后停止加热。

2. 将溶液冷却至室温。

3. 待溶液完全冷却后过滤，并用少量蒸馏水洗涤晶体，然后用干燥的滤纸吸取晶体表面的水分，得到纯度较高的硝酸钾晶体。

4. 分别取绿豆粒大小的硝酸钾粗品和重结晶后得到的晶体放入两支试管中，各加入 2 mL 蒸馏水配成溶液并滴加几滴稀硝酸酸化。再向两支试管的溶液中各滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$ 溶液，观察现象。

资料在线

更有效的过滤方法——抽滤

抽滤也称减压过滤，是在较低压强下将晶体滤出，可以快速、充

分地将晶体与母液分开。抽滤经常使用一种特殊的漏斗——布氏漏斗。使用时，将一片圆形滤纸（直径略小于漏斗内径）铺在漏斗中，先用少量溶剂润湿滤纸并微启水泵，将其吸紧；然后小心地把要过滤的悬浊液倒入漏斗中，开大水泵，一直抽气到几乎没有液体滤出为止。抽滤装置如图 1-1-4 所示。



图 1-1-4 抽滤装置

交流 · 研讨

1. 你所做的重结晶实验的纯化效果如何？
2. 在利用重结晶法提纯物质的过程中，既要保证产品的纯度，又要尽量减少产品的损失。那么，配制热的浓溶液时溶剂的用量、洗涤晶体时蒸馏水的用量等因素对提纯的效果有何影响？
3. 你对重结晶的原理是怎样理解的？请对比分析蒸发结晶和重结晶的基本原理、适用条件和实施步骤，找出它们之间的差别。



利用重结晶法提纯物质，不受杂质种类的影响，只要杂质是少量的、可溶的，溶液冷却后杂质在溶剂中尚未饱和皆可用此法纯化。

被提纯物在该溶剂中的溶解度随温度改变有明显变化时，收率较高。有些盐（如氯化钠）的溶解度随温度的改变变化不大，在溶液冷却过程中析出晶体的量很少，对这些晶体进行纯化时不宜采用重结晶法。

在纯化实验完成之后，一般要从产品的收率和纯度两个角度对纯化的效果进行评价。

工具栏

$$\text{收率} = \frac{\text{产品质量}}{\text{原料质量}} \times 100\%$$

拓展视野

重结晶法在有机化合物提纯中的应用

利用有机化学反应制得的固体产品中常常含有少量杂质，这些杂质主要是未反应的原料及副反应的产物，重结晶法是除去这些杂质的常用方法之一。例如，甲基橙、咖啡因都可以用水做溶剂重结晶得到纯品。除水外，在重结晶过程中常用的溶剂还有乙醇、丙酮、苯、石油醚、乙酸乙酯等。另外，还可以使用混合溶剂来提高纯化效果，常用的混合溶剂有乙醇—水、乙醚—甲醇等。

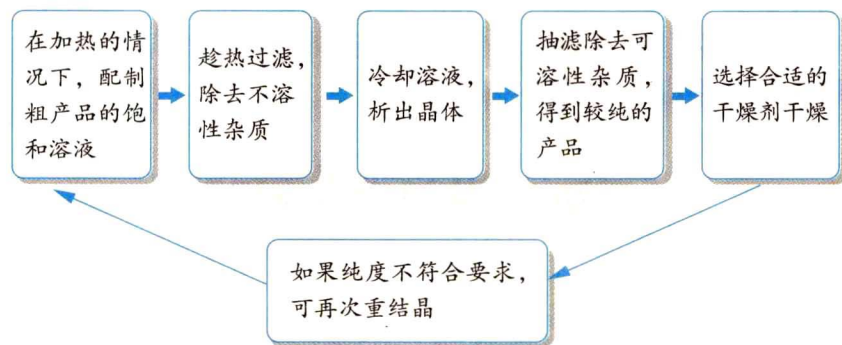


图 1-1-5 重结晶法提纯有机化合物流程图示意图