



高等学校化学实验教材

范玉华 主编

Experimental Inorganic and Analytical Chemistry

无机及分析化学 实验



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

中国海洋大学教材建设基金资助

高等学校化学实验教材

无机及分析化学实验

主 编 范玉华

副主编 辛惠蓁 董 岩

中国海洋大学出版社

· 青 岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学实验/范玉华主编. —青岛:中国海洋
大学出版社,2009.6
高等学校化学实验教材
ISBN 978-7-81125-242-2

I. 无… II. 范… III. ①无机化学—化学实验—高等学
校—教材②分析化学—化学实验—高等学校—教材
IV. 061-33 065-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 094824 号

出版发行	中国海洋大学出版社	
社 址	青岛市香港东路 23 号	邮政编码 266071
网 址	http://www.ouc-press.com	
电子信箱	xianlimeng@gmail.com	
订购电话	0532—82032573(传真)	
丛书策划	孟显丽	
责任编辑	孟显丽 毕玲玲	
印 制	日照报业印刷有限公司	
版 次	2009 年 7 月第 1 版	
印 次	2009 年 7 月第 1 次印刷	
成品尺寸	170 mm×230 mm	
印 张	17	
字 数	314 千字	
定 价	24.80 元	

高等学校化学实验教材

编写指导委员会

主 任	毕彩丰			
副主任	赵 斌			
委 员	宫宝安	尹汉东	王林同	何国芳
	王立斌	张秀玲	薛兆民	刘雪静
	陈万东	杨仲年		

《无机及分析化学实验》编委会

主 编	范玉华			
副主编	辛惠蓁	董 岩		
编 委	孟庆国	孙 敏	李大枝	王爱东
	张存兰	刘二东	刘 莉	杨茹君
	陆金仁	赵 宇	侯 进	张栋梅
	张宏宇	杨 杰	石智强	

总 序

化学是一门重要的基础学科,与物理、信息、生命、材料、环境、能源、地球和空间等学科有紧密的联系、交叉和渗透,在人类进步和社会发展中起到了举足轻重的作用。同时,化学又是一门典型的以实验为基础的学科。在化学教学中,思维能力、学习能力、创新能力、动手能力和专业实用技能是培养创新人才的关键。

随着化学教学内容和实验教学体系的不断改革,高校需要一套内容充实、体系新颖、可操作性强、实验方法先进的实验教材。

由中国海洋大学、曲阜师范大学、聊城大学和烟台大学等 12 所高校编写的《无机及分析化学实验》、《无机化学实验》、《分析化学实验》、《仪器分析实验》、《有机化学实验》、《物理化学实验》和《化工原理实验》7 本高等学校化学实验系列教材,现在与读者见面了。本系列教材既满足通识和专业基本知识的教育,又体现学校特色和创新思维能力的培养。纵览本套教材,有五个非常明显的特点:

1. 高等学校化学实验教材编写指导委员会由各校教学一线的院系领导组成,编指委成员和主编人员均由教学经验丰富的教授担当,能够准确把握目前化学实验教学的脉搏,使整套教材具有前瞻性。

2. 所有参编人员均来自实验教学第一线,基础实验仪器设备介绍清楚、药品用量准确;综合、设计性实验难度适中,可操作性强,使整套教材具有实用性。

3. 所有实验均经过不同院校相关教师的验证,具有较好的重复性。

4. 每本教材都由基础实验和综合实验组成,内容丰富,不同学校可以根据需要从中选取,具有广泛性。

5. 实验内容集各校之长,充分考虑到仪器型号的差别,介绍全面,具有可行性。

一本好的实验教材,是培养优秀学生的基础之一,“高等学校化学实验教材”的出版,无疑是化学实验教学的喜讯。我和大家一样,相信该系列教材对进一步提高实验教学质量、促进学生的创新思维和强化实验技能等方面将发挥积极的作用。

高从堉

2009 年 5 月 18 日

总 前 言

实验化学贯穿于化学教育的全过程,既与理论课程密切相关又独立于理论课程,是化学教育的重要基础。

为了配合实验教学体系改革和满足创新人才培养的需要,编写一套优秀的化学实验教材是非常必要的。由中国海洋大学、曲阜师范大学、聊城大学、烟台大学、潍坊学院、泰山学院、临沂师范学院、德州学院、菏泽学院、枣庄学院、济宁学院、滨州学院 12 所高校组成的高等学校化学实验教材编写指导委员会于 2008 年 4 月至 6 月,先后在青岛、济南和曲阜召开了 3 次编写研讨会。以上院校以及中国海洋大学出版社的相关人员参加了会议。

本系列实验教材包括《无机及分析化学实验》、《无机化学实验》、《分析化学实验》、《仪器分析实验》、《有机化学实验》、《物理化学实验》和《化工原理实验》,涵盖了高校化学基础实验。

中国工程院高从堦院士对本套实验教材的编写给予了大力支持,对实验内容的设置提出了重要的修改意见,并欣然作序,在此表示衷心感谢。

在编写过程中,中国海洋大学对《无机及分析化学实验》、《无机化学实验》给予了教材建设基金的支持,曲阜师范大学、聊城大学、烟台大学对本套教材编写给予了支持,中国海洋大学出版社为该系列教材的出版做了大量组织工作,并对编写研讨会提供全面支持,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不妥和错误在所难免,恳请同仁和读者不吝指教。

高等学校化学实验教材编写指导委员会

2009 年 7 月 10 日

前 言

我们编写了这套“高等院校化学实验系列教材”。包括无机及分析化学实验、无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验、仪器分析实验、物理化学实验、化工原理实验共 7 本。其中无机及分析化学实验是针对化学及相关专业大学新生编写的。

本着“厚基础、重特色、求创新、高素质”的实验教学理念,化学是一门以实验为基础的学科,实验教学是化学教学过程的重要环节。无机及分析化学实验是化学及相关专业本科生进入大学后的第一门实验课,对培养学生理论联系实际的作风、良好的实验素质及创新能力有着重要的作用,也是后续化学课及其他与之相关的交叉学科的科学实验基础。

一本好的实验教材,必须和授课对象、课程特色紧密结合,本教材力求体现这种结合。本书是在山东省 13 所高校多年无机及分析化学实验教学实践和改革的基础上编写的,内容详实、可靠。为了培养学生分析问题、解决问题的综合能力及创新思维,本教材编写了 9 个综合性实验和 7 个设计性实验,这些实验在选题和内容上充分考虑了大学一年级学生的知识结构,切实可行。

本教材共分 8 章,含 56 个实验。主要内容包括化学实验基础知识、实验数据处理、化学实验基本操作和技能、基本操作与制备实验、化学原理和常数测定实验、元素化学实验、分析化学实验、综合与设计实验等 8 个部分。绝大部分实验都设置了“预习要点”、“操作要点”、“注意事项”和“思考题”等栏目,便于学生更好地进行预习,了解实验的关键所在,更好地完成实验。

本教材可用作高等学校化学、化工、生命科学、药学、应用化学、材料化学、环境科学、环境工程等专业本科生的实验教材,也可作为有关科研人员的参考用书。

本教材在编写过程中参考了其他相关教材、文献资料、手册及专著,主要参考文献列在书后。在此向文献原作者深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误及不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 6 月

目 次

第 1 章	化学实验基础知识	(1)
1.1	学习无机及分析化学实验的目的	(1)
1.2	无机及分析化学化学实验课的学习方法	(1)
1.3	化学实验规则	(3)
1.4	实验室安全规则	(3)
1.5	实验室意外事故处理	(4)
1.6	实验室“三废”处理	(5)
1.7	实验报告格式示例	(6)
第 2 章	实验数据处理	(11)
2.1	有效数字及其运算规则	(11)
2.2	准确度和精密度	(12)
2.3	分析结果的数据处理	(14)
2.4	实验数据的表达方式	(17)
第 3 章	化学实验基本操作和技能	(19)
3.1	化学实验基本仪器的介绍	(19)
3.2	玻璃仪器的洗涤和干燥	(26)
3.3	加热方法	(28)
3.4	试剂与试剂的取用	(33)
3.5	基本度量仪器的使用方法	(36)
3.6	溶液及其配制	(44)
3.7	溶解、蒸发、结晶和固液分离	(45)
3.8	气体的发生、净化、干燥与收集	(52)
3.9	分析天平的使用	(57)
3.10	pH 计(酸度计)的使用	(64)

3.11 分光光度计的使用	(67)
3.12 电导率仪的使用	(71)
第4章 基本操作与制备实验	(77)
实验1 简单玻璃工操作	(77)
实验2 分析天平称量练习	(80)
实验3 滴定分析基本操作练习	(82)
实验4 粗食盐的提纯	(86)
实验5 硫酸亚铁铵的制备	(88)
实验6 硫酸铝钾的制备	(90)
实验7 硝酸钾的制备	(92)
实验8 微波辐射合成磷酸锌	(94)
第5章 化学原理与常数测定实验	(97)
实验9 化学反应速率与活化能的测定	(97)
实验10 醋酸解离度与标准解离常数的测定	(101)
实验11 水溶液中的解离平衡	(104)
实验12 硫酸钡溶度积常数的测定(电导率法)	(107)
实验13 氧化还原反应	(109)
实验14 配位化合物	(112)
第6章 元素化学实验	(119)
实验16 s区金属元素及其化合物的性质	(119)
实验17 p区(Ⅰ)元素:卤素、氧、硫、氮、磷	(122)
实验18 p区(Ⅱ)元素:锡、铅、锑、铋	(126)
实验19 d区元素:铬、锰、铁、钴、镍	(130)
实验20 ds区元素:铜、银、锌、镉、汞	(135)
实验21 常见阳离子的分离和鉴定	(139)
第7章 分析化学实验	(141)
7.1 酸碱滴定法	(141)
实验22 食醋中总酸含量的测定	(141)
实验23 有机酸(草酸)摩尔质量的测定	(143)
实验24 硫酸铵肥料中氮含量的测定——甲醛法	(145)
实验25 混合碱的组成及其含量的测定	(146)

7.2 配位滴定法	(149)
实验 26 EDTA 溶液的配制与标定	(149)
实验 27 水中钙、镁含量的测定	(152)
实验 28 混合溶液中铅、铋的连续测定	(155)
实验 29 “胃舒平”药片中铝和镁含量的测定	(157)
7.3 氧化还原滴定法	(159)
实验 30 高锰酸钾溶液的配制与标定	(159)
实验 31 双氧水中过氧化氢含量的测定——高锰酸钾法	(161)
实验 32 硫代硫酸钠溶液的配制与标定	(162)
实验 33 维生素 C 含量的测定——直接碘量法	(165)
实验 34 海水中溶解氧的测定	(167)
实验 35 铁矿石中铁含量的测定——重铬酸钾法	(171)
7.4 沉淀滴定法	(173)
实验 36 海水中氯含量的测定——莫尔法	(173)
实验 37 可溶性氯化物中氯含量的测定——佛尔哈德法	(176)
7.5 重量法	(179)
实验 38 氯化钡中钡含量的测定	(179)
7.6 分光光度法	(181)
实验 39 邻二氮菲分光光度法测定微量铁	(181)
实验 40 海水中亚硝酸盐的测定	(183)
第 8 章 综合与设计实验	(186)
8.1 综合性实验	(186)
实验 41 高锰酸钾的制备及纯度的测定	(186)
实验 42 过氧化钙的制备及含量分析	(188)
实验 43 四氧化三铅组成的测定	(190)
实验 44 硫代硫酸钠的制备及含量测定	(192)
实验 45 三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成分析	(195)
实验 46 三氯化六氨合钴(Ⅲ)的制备及组成测定	(198)
实验 47 含 Cr(VI)废液的处理及比色测定	(200)
实验 48 维生素 B ₁₂ 的鉴别及其注射液的含量测定	(202)
实验 49 表面处理技术——塑料化学电镀	(204)

8.2 设计性实验	(206)
实验 50 硫酸四氨合铜(Ⅱ)的制备	(206)
实验 51 碱式碳酸铜的制备	(207)
实验 52 葡萄糖酸锌的制备	(208)
实验 53 碘盐的制备与质量检验	(209)
实验 54 海水中可溶性磷酸盐的测定——磷钼蓝法	(210)
实验 55 盐酸和硼酸混合酸的测定	(211)
实验 56 水泥熟料中铁、铝、钙、镁含量的测定	(212)
附录	(213)
附录 1 某些弱酸的解离常数(298.2 K)	(213)
附录 2 某些弱碱的解离常数(298.2 K)	(215)
附录 3 某些难溶电解质的溶度积常数(298.2 K)	(216)
附录 4 标准电极电势(298.15 K)	(218)
附录 5 某些离子和化合物的颜色	(223)
附录 6 化合物的相对分子质量	(226)
附录 7 常见阳离子与常用试剂的反应	(230)
附录 8 常见阳离子鉴定反应	(232)
附录 9 常用酸碱溶液的浓度和密度	(236)
附录 10 常见阴离子鉴定反应	(237)
附录 11 配离子的标准稳定常数(298.15 K)	(241)
附录 12 常用缓冲溶液的配制	(243)
附录 13 常用基准物质	(244)
附录 14 常用酸碱指示剂	(245)
附录 15 酸碱混合指示剂	(246)
附录 16 沉淀及金属指示剂	(247)
附录 17 某些试剂的配制	(248)
附录 18 氧化还原指示剂	(251)
参考文献	(252)
化学元素周期表	

第1章 化学实验基础知识

1.1 学习无机及分析化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的学科,在化学教学中实验占有十分重要的地位。

无机及分析化学实验是化学及相关专业本科生进入大学后的第一门实验课,它不仅对无机及分析化学理论教学有着重要作用,而且是后续化学课及其他与之相关的交叉学科的科学实验基础。学习这门课程的主要目的如下:

(1)通过实验,学生可获得大量的感性知识,巩固和加深对无机及分析化学基本理论和基本知识的理解。

(2)学生经过实验的严格训练,能够规范地掌握实验的基本操作、基本技术和基本技能。

(3)通过实验训练,使学生能够正确地使用各类相关化学仪器,掌握无机物的一般制备、分离、提纯及定性和定量分析方法。

(4)通过实验训练,使学生学会获得可靠而必要的实验数据,正确处理数据和表达实验结果的方法,提高对实验现象及实验结果进行分析判断、逻辑推理,并作出正确结论的能力。

(5)通过一些综合设计性实验,使学生获得从查阅资料、设计方案、动手实验、观察现象、测定数据到分析判断、得出结论等一整套训练,从而提高学生分析问题、解决问题的能力。

(6)通过实验培养学生实事求是、严谨的科学态度及良好的实验习惯。

1.2 无机及分析化学化学实验课的学习方法

要达到以上实验目的,学生应具有正确的学习态度和学习方法。无机及分析化学实验课的学习方法大致有下面几个步骤。

1. 预习

实验前必须认真预习,明确本次实验的目的、要求和内容,理解实验原理,了解操作步骤及实验中应注意的事项,认真写出实验预习报告。预习报告的主要内容包括:实验题目、简要的操作步骤及注意事项、要记录的实验现象及测量数据的表格,简要解答教材中的有关思考题。预习报告文字要简练,切忌抄书或草率应付,尽可能用符号、方框、箭头、表格等形式表示。

2. 实验过程

实验是培养学生独立工作和思维能力的重要环节,每个学生必须认真完成。

(1)实验课上,指导老师对实验内容进行讲解、示范操作时,学生必须认真听讲和领会,对一些重点和注意事项应该做好记录,对不理解的问题可以及时提问。

(2)按照教材内容认真操作,细心观察,周密思考,科学分析,如实记录实验现象和数据。

(3)在实验中发现有反常或有疑问的现象时,应认真分析查找原因。必要时,可在教师指导下重做实验。

(4)实验过程中严格遵守实验室规则,始终保持实验室肃静、整洁。

(5)实验结束,所得的实验结果必须经指导教师认可,并在原始记录本上签字后才能离开实验室。

3. 实验报告

做完实验后必须认真、独立、及时地写出实验报告。实验报告是实验的总结,是分析问题和知识理性化的必要步骤,必须认真如实填写。实验报告要条理清楚、文字简练、书写工整、结论明确。实验报告的内容一般包括:

(1)实验目的。

(2)实验原理。简述实验原理,写出主要计算公式或反应方程式。

(3)实验步骤(或实验内容)。尽量采用符号、框图、表格等简明形式表达实验内容,避免照抄书本。

(4)实验现象或数据记录。实验现象要表达正确,数据记录要完整,不允许弄虚作假。

(5)解释、结论或数据处理。对实验现象作出简明解释,写出主要反应方程式,做出小结或最后结论。若有数据计算,要列出计算公式并将主要数据表达清楚,还要注意物理量的单位及有效数字的要求。

(6)讨论。对实验中遇到的异常现象或疑难问题进行讨论,敢于提出自己的见解,对实验提出改进的意见或建议。对定量分析实验可分析产生误差的

原因。

无机及分析化学实验大致可分为:制备、测试、性质及分析化学实验四大类。不同类型的实验,实验报告格式有所不同,在本章的 1.7 节列出了几种实验报告格式的示例,以供参考。

1.3 化学实验规则

实验前要认真预习并写出预习报告,未预习者不得进行实验。

遵守纪律,不旷课、不迟到早退。在实验室不得大声喧哗,不得随意串走。

实验过程中要仔细观察,认真思考,如实记录实验现象和数据。

严格遵守实验操作规则,注意安全,爱护仪器,节约试剂。损坏仪器应填写仪器破损单,按规定进行赔偿。精密仪器使用后要在记录本上记录使用情况,并经教师检查认可。

实验过程中随时注意保持实验室的安静和整洁,纸屑、火柴梗、pH 试纸等放入废物缸内,不得随意丢在水池、地上或实验台上。废液小心倒入专用废液桶中。

实验完毕,清洗用过的玻璃仪器,公共仪器,并将试剂放回原处,把实验台和试剂架整理干净,经教师同意后方可离开实验室。

实验结束后值日生负责对整个实验室进行清扫,检查并关闭水源、电源和门窗。

1.4 实验室安全规则

进行有毒或有刺激性气体的操作,如 H_2S 、 SO_2 、 NO_2 、卤素等,应在通风橱内进行。

进行易燃、易爆物质的实验都要远离火源,并严格按照操作规程操作。

水、电、燃气使用完毕后要立即关闭。使用电器设备,不能用湿手操作,以防触电。

加热试管时,不要将试管口朝向他人或自己,也不能俯视正在加热的液体,以防液体溅出伤人。闻气体的气味时,不能用鼻子直接对准瓶口或试管口,应用手把少量气体轻轻地扇向自己。

浓酸、浓碱具有强腐蚀性,切勿溅在皮肤或衣服上,尤其要特别注意眼睛的安全。

强氧化剂(如高氯酸,氯酸钾)及其混合物(如氯酸钾与硫、碳、红磷等的混合物)不能研磨,否则易发生爆炸。

有毒的药品(如铬盐、钡盐、铅盐、砷的化合物,汞和汞的化合物,氰化物等)严禁进入口内或接触伤口,剩余的废液不许倒入下水道,须回收后集中处理。

实验室内严禁饮食,吸烟或带进餐具。实验结束后必须将手洗净。

1.5 实验室意外事故处理

(1)烫伤。可用 10% 的高锰酸钾溶液或苦味酸溶液揩洗伤处,在烫伤处涂上烫伤膏或万花油。若起水泡,不要挑破。伤重时涂上烫伤膏包扎后,送医院治疗。

(2)割伤。若伤口内有异物应先取出,然后再涂上红药水并用纱布包扎。伤势较重时,包扎后立即送医院治疗。

(3)被强酸灼伤。先用大量水洗,然后用饱和 NaHCO_3 溶液或稀氨水冲洗,再用水冲洗后敷上 ZnO 软膏。酸液溅入眼内应先用大量水冲,再用 2% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 溶液洗眼,最后用水洗。

(4)被强碱灼伤。先用大量水洗,再用 2% HAc 溶液冲洗,最后用水冲洗后敷上硼酸软膏。碱液溅入眼内应先用大量水冲,再用 3% H_3BO_3 溶液洗眼,最后用水洗。

(5)吸入刺激性或有毒气体。吸入 Br_2 、 Cl_2 、 HCl 等气体时,可吸入少量乙醇和乙醚的混合蒸气,然后到室外呼吸新鲜空气。如吸入 H_2S 或 CO 气体而感到不适时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

(6)触电。应首先切断电源,必要时进行人工呼吸并迅速送医院救治。

(7)起火。实验过程中万一不慎起火,不要惊慌,应立即采取如下措施:

1)立即关闭煤气,切断电源,把易燃、易爆物移至远处,防止火势蔓延。

2)迅速采取灭火措施:一般的小火可用湿布、石棉布或沙子覆盖在着火的物体上。火势较大时使用灭火器。使用灭火器也要根据不同的情况选择不同的类型,一般失火可用泡沫灭火器扑灭;油类、有机物起火可用二氧化碳灭火器、干粉灭火器或 1211 灭火器扑灭;电器设备起火,应用二氧化碳或四氯化碳灭火器扑灭,不能用泡沫灭火器。碱金属(如金属钠)起火时,切勿用水灭火,应该用干沙土覆盖灭火。

3)如果衣服着火,千万不要惊慌乱跑,应赶快脱下衣服或就地卧倒打滚,将火扑灭。

4)火势较大,必须立刻报警。

1.6 实验室“三废”处理

(1)根据绿色化学的基本原则,化学实验室应尽可能选择对环境无毒害的实验项目。

(2)实验中要严格遵守国家环境保护条例的有关规定,不随意排放废气、废水、废物,不得污染环境。

(3)实验过程会产生有害废气的实验应在通风橱中进行。

(4)实验过程中的废液要倒入废液桶,不能直接倒入水池或下水道。实验结束后,经处理再统一倒入废液处理池。

(5)废液缸(桶)中的废酸液可先用耐酸塑料网纱或玻璃纤维过滤,酸液再加碱中和,调至 pH 为 6~8 后就可排出,少量滤渣可埋于地下。

(6)对于较多的废铬酸洗液,可以用高锰酸钾氧化法使其再生。少量的废洗液可加入废碱液或石灰使其生成 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 沉淀,将沉淀埋于地下即可。

(7)含汞盐废液应先调至 pH 为 8~10 后加入过量的 Na_2S ,使其生成 HgS 沉淀,并加 FeSO_4 与过量 S^{2-} 生成 FeS 沉淀,从而吸附 HgS 共沉淀下来,静置后分离,再离心,过滤,清液含汞量可降到 $0.02 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下排放。少量残渣可埋于地下,大量残渣可用熔烧法回收汞,但注意一定要在通风橱内进行。

(8)氰化物是剧毒物质,含氰废液必须认真处理。少量的含氰废液可先加 NaOH 调至 $\text{pH}=10$ 以上,再加入几克 KMnO_4 使 CN^- 氧化分解。含氰废液量较大时可用碱性氯化法处理,先用碱调至 $\text{pH}=10$ 以上,再加入次氯酸钠使 CN^- 氧化成氰酸盐,并进一步分解为 CO_2 和 N_2 。

(9)对于含重金属离子的废液,最经济有效的方法是加碱或加 Na_2S 把重金属离子变成难溶性的氢氧化物或硫化物而沉积下来,再过滤分离,少量残渣可埋于地下。

(10)加强实验室剧毒品、危险品的使用管理,实验教师应详细指导并采用必要的安全防护措施,确保不污染环境。

1.7 实验报告格式示例

I. 无机制备实验

粗食盐的提纯

班级_____ 姓名_____ 日期_____

一、实验目的

- (1) 掌握提纯粗食盐的原理和方法。
- (2) 学习溶解、加热、沉淀、过滤、蒸发浓缩、结晶和干燥等基本操作。
- (3) 学习 SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} 的定性鉴定方法。

二、实验原理

粗食盐中含有 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , SO_4^{2-} 等可溶性杂质和泥沙等不溶性杂质。首先在粗食盐溶液中加入过量的 BaCl_2 , 过滤可除去 SO_4^{2-} 和不溶性杂质。然后在滤液中加入 Na_2CO_3 可除去 Ca^{2+} , Mg^{2+} 和过量的 Ba^{2+} 。最后用 HCl 中和。浓缩时由于 NaCl 浓度大且溶解度比 KCl 小, 故首先结晶出来。

三、实验步骤

