

高等学校“十三五”规划教材

大学化学实验

第二版

任健敏 赵三银 主编



非外借

DAXUE HUAXUE SHIYAN



化学工业出版社

《大学化学实验》(第二版) 任健敏 赵三银 主编
本书可作为高等院校化学专业及相关专业本科生的实验教材,也可供从事化学工作的工程技术人员参考。
本书共分10章,主要内容包括:无机化学实验、有机化学实验、物理化学实验、分析化学实验、化工实验、环境化学实验、材料化学实验、生物化学实验、食品化学实验、药物化学实验等。
本书可作为高等院校化学专业及相关专业本科生的实验教材,也可供从事化学工作的工程技术人员参考。

主编 任健敏 赵三银

副主编

高等学校“十三五”规划教材

大学化学实验

第二版

任健敏 赵三银 主编



I. ①大... II. ①任... III. ①任... IV. ①06-3 林健

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第150883号

责任编辑: 李宇文
封面设计: 王 磊

责任编辑: 宋林青
封面设计: 王 磊

出版发行: 化学工业出版社(北京惠新东街15号 邮编100011)

印 刷: 北京市双峰印刷厂

装 订: 北京市双峰印刷厂

787mm×1092mm 1/16

010-64218839

010-64218839

www.cip.com.cn

010-64218839

010-64218839

010-64218839

010-64218839

010-64218839

010-64218839

010-64218839

010-64218839



化学工业出版社

北京 100011

· 北 京 ·

元 40.24 : 份 宝

《大学化学实验》(第二版)精选了120个实验项目,包括了基础性实验、提高性实验、综合性实验和设计性实验,实验项目由浅入深,由易至难,由简到繁,由单技能到组合技能训练,实验内容与四大化学的理论课程配合度高,内容贴近实际,有助于学生灵活运用所学理论知识指导实验。

《大学化学实验》(第二版)可作为理工科化学、环境、材料、食品、农业、生命以及医学类等各专业本科生的教材,也可供其它理学、工学、农学和医学等相关专业学生参考。

大学化学实验

第二版

任健敏

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/任健敏,赵三银主编.—2版.—北京:
化学工业出版社,2018.8
高等学校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-32421-4

I. ①大… II. ①任…②赵… III. ①化学实验-高等学校-
教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第129882号

责任编辑:宋林青
责任校对:王静

文字编辑:刘志茹
装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:三河市双峰印刷装订有限公司

装订:三河市双峰印刷装订有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张19½ 彩插1 字数483千字 2018年9月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定价:45.00元

版权所有 违者必究

《大学化学实验》编写组

主 编 任健敏 赵三银

副 主 编 (以姓氏笔画为序)

王小兵 丘秀珍 洪显兰 郭会时

焦琳娟 彭翠红 曾宪标

编写人员 (排名不分先后)

任健敏 赵三银 李灵芝 王小兵

洪显兰 高 岐 徐永群 曾宪标

彭翠红 郭会时 周 悦 叶 芳

黄冬兰 丘秀珍 王少玲 焦琳娟

前言

《大学化学实验》

Preface

自2011年本教材出版以来,已进行多次印刷,教师学生使用得心应手,教学效果良好,得到广大师生好评。教材将传统的无机化学、分析化学、仪器分析、有机化学和物理化学实验重组为一门“大学化学实验”课程,建立了基础性实验、提高性实验、综合性实验、创新与设计性实验四个教学层次,形成“一体化、多层次”的大学化学实验课程体系,密切联系应用型人才培养的目标定位。编写组教师在使用多年的基础上,根据自己的教学体会和目前的教学改革,多方征求意见并参阅国内外同类院校优秀教材,对第一版教材进行修改。教材的主要特色:

1. 在保留第一版的优势外,删除了一些陈旧过时的实验仪器,对实验内容进行修改和补充,实验项目增加至120个,进一步完善了基础性实验、提高性实验、综合性实验、创新与设计性实验四个教学层次,使四大化学实验“一体化”的系统性和实用性更强,能恰当反映当今科技发展的新成果。

2. 实验项目由浅入深,由易至难,由简到繁、由单技能到组合技能训练,基本配合四大化学的理论课程教学,使学生的学习循序渐进,能灵活地运用所学理论知识指导实验,实验基本技能训练贯穿于整个课程。本教材既考虑了学科之间相互交叉渗透的特点,同时又满足大学化学实验和技术知识系统化和少学时教学的需要。

3. 教材反映了编者长期积累的丰富教学经验,实验内容及仪器设备符合地方性院校培养应用型人才的要求,可作为理工科化学、环境、材料、食品、农业、生命以及医学类等各专业学生的化学实验教材,也可供其他理学、工学、农学和医学等相关专业学生参考。

由于第一版编写人员中部分教师退休,因此本版编写人员有所调整。本书由韶关学院化学与环境工程学院任健敏、赵三银担任主编,王小兵、丘秀珍、洪显兰、郭会时、焦琳娟、彭翠红、曾宪标担任副主编。编写过程中,得到了“广东省现代分析与测试专业综合改革项目”的支持;同时也得到学校和学院领导以及广大教师的大力支持,在此向所有支持者表示最衷心的感谢!

限于编者水平,书中疏漏之处难免,敬请读者批评指正。

编者

2018年4月

Preface

化学是一门实践性很强的学科，可以说没有实验就没有化学。大学化学实验课程在化学课程教学中处于极其重要的地位，是化学、环境、食品、生物、农业及医学等相关专业人才培养的一门重要的基础课程。化学实验教学的改革更加强调学生动手能力、科学思维、协作精神、创新意识以及实事求是科学精神的培养。

2006年以来，韶关学院化学与环境工程学院对原有实验课程的设立和实验教材的内容进行了重组和改革，并组织了《大学化学实验》教材的编写工作。将传统的无机化学、分析化学、仪器分析、有机化学和物理化学实验重组为一门“大学化学实验”课程，建立了基础性实验、提高性实验、综合性实验、设计性实验四个教学层次，形成了“一体化、多层次”的大学化学实验课程体系。在保证原四大化学实验基本教学要求的基础上，对实验内容进行了优化，内容贴近实际，反映教学改革成果。

编写组教师集多年无机化学、分析化学、仪器分析、有机化学和物理化学实验教学经验，在已试用多年的“大学化学实验”讲义的基础上，经过优化、整合、提高，并参考部分国内外优秀化学实验教材、相关文献和资料，编写了这本大学化学实验教材。本教材精选了110个实验项目，实验项目由浅入深，由易至难，由简到繁，由单技能到组合技能训练，基本配合四大化学的理论课程教学，使学生的学习循序渐进，能灵活地运用所学理论知识指导实验，实验基本技能训练贯穿于整个课程。考虑了学科之间相互交叉渗透的特点，同时满足大学化学实验与技术知识系统化和少学时教学的需要。

本书由韶关学院任健敏、赵三银、高岐、徐永群、洪显兰、曾宪标、刘宏文、王少玲、彭翠红、李灵芝、彭珊珊、曾懋华、周悦、叶芳、黄冬兰、丘秀珍等老师参加编写。编写过程中，得到了广东省高等教育教学改革工程项目（地方高校化学化工类实验教学新平台的研究与实践）和韶关学院高等教育教学改革研究项目（基础化学实验课程体系的改革研究）的支持；同时也得到学校和学院领导以及许多老师的大力支持，在此向所有支持者表示衷心的感谢！

本书可作为理工科化学、环境、材料、食品、农业、生命以及医学类等各专业本科学生的化学实验教材，也可供其它理学、工学、农学和医学等相关专业学生参考。

限于编者水平，书中疏漏之处敬请读者批评指正。

编者

2011年3月

Contents

1 绪论	1
1.1 大学化学实验课程简介及教学目标	1
1.1.1 大学化学实验课程简介	1
1.1.2 大学化学实验课程教学目标	1
1.2 大学化学实验课程学习方法	2
1.2.1 大学化学实验课程学习方法及要求	2
1.2.2 实验报告示例	2
1.3 实验室学生守则	6
1.4 实验室安全技术基本规程	7
1.5 实验室危险药品的分类、性质和管理	9
1.6 实验室意外事故的处理	9
1.7 实验室三废的处理	10
2 化学实验的基本知识和基本技术	12
2.1 实验室用水规格	12
2.2 常用玻璃仪器及其它制品	12
2.2.1 常用玻璃仪器	12
2.2.2 标准磨口玻璃仪器	16
2.2.3 其它制品	17
2.2.4 常用玻璃仪器的洗涤及干燥	18
2.3 化学试剂	20
2.3.1 化学试剂的分类和规格	20
2.3.2 化学试剂的使用	20
2.4 分析天平	21
2.4.1 分析天平的类型	21
2.4.2 电子分析天平的结构和使用方法	22
2.5 分离操作技术	24
2.5.1 离心分离	24
2.5.2 过滤分离	25

2.5.3	沉淀分离	27
2.5.4	结晶和重结晶分离	27
2.5.5	蒸馏、分馏分离	28
2.5.6	萃取分离	33
2.5.7	升华分离	34
2.5.8	色谱分离	35
2.6	加热与冷却	39
2.6.1	加热	39
2.6.2	冷却技术	42
2.7	滴定分析基本操作	43
2.7.1	滴定管	43
2.7.2	容量瓶	47
2.7.3	移液管和吸量管	48
2.7.4	容量器皿的校准	49
2.7.5	容量分析仪器的选用原则	50
2.8	常用分析仪器	50
2.8.1	紫外-可见分光光度计	50
2.8.2	红外光谱分析仪	52
2.8.3	分子发光分析仪	54
2.8.4	原子吸收分析仪	55
2.8.5	原子发射光谱分析仪	57
2.8.6	酸度计	60
2.8.7	离子计	63
2.8.8	自动电位滴定仪	65
2.8.9	电导率仪	66
2.8.10	电化学分析仪/工作站	67
2.8.11	气相色谱仪	68
2.8.12	高效液相色谱仪	69

3 基础性实验

73

实验一	天平的使用和称量练习	73
实验二	溶液的配制	74
实验三	酸碱反应与缓冲溶液	77
实验四	配合物与沉淀溶解平衡	79
实验五	氧化还原反应	81
实验六	气体常数的测定	83
实验七	化学反应速率和活化能的测定	85
实验八	弱电解质醋酸解离常数的测定	88
实验九	粗食盐的提纯及纯度检验	89
实验十	转化法制备硝酸钾	91

实验十一	主族金属(碱金属和碱土金属)	92
实验十二	主族非金属元素(氧、硫)	95
实验十三	主族非金属元素(氯、溴、碘)	96
实验十四	过渡元素	100
实验十五	常见阴离子的分离与鉴定	102
实验十六	常见阳离子的分离与鉴定	105
实验十七	升华操作——樟脑的提纯	107
实验十八	蒸馏操作和沸点的测定	108
实验十九	熔点测定及温度计校正	111
实验二十	重结晶和过滤	116
实验二十一	萃取	119
实验二十二	有机物质纸色谱与薄层色谱	121
实验二十三	从茶叶中提取咖啡因	128
实验二十四	环己烯的制备	130
实验二十五	1-溴丁烷的制备	132
实验二十六	正丁醚的制备	134
实验二十七	环己酮的制备	135
实验二十八	己二酸的制备	137
实验二十九	肉桂酸的制备	138
实验三十	苯甲酸乙酯的制备	139
实验三十一	乙酰乙酸乙酯的制备	141
实验三十二	Cannizzaro 反应——苯甲酸和苯甲醇的制备	142
实验三十三	Beckmann 反应——己内酰胺的制备	144
实验三十四	7,7-二氯双环[4.1.0]庚烷	146
实验三十五	羟醛缩合反应——苯亚甲基苯乙酮的合成	147
实验三十六	α -苯乙胺的合成	148
实验三十七	NaOH 和 HCl 溶液的配制及比较滴定	150
实验三十八	NaOH 和 HCl 标准溶液浓度的标定	152
实验三十九	食用白醋中总酸度的测定	154
实验四十	混合碱的分析(双指示剂法)	155
实验四十一	EDTA 标准溶液的配制及标定	156
实验四十二	水总硬度的测定	158
实验四十三	铅铋混合液中铅铋的连续配位滴定	160
实验四十四	铝盐中铝含量的测定	161
实验四十五	高锰酸钾标准溶液的配制和标定	162
实验四十六	高锰酸钾法测定过氧化氢的含量	164
实验四十七	SnCl_2 - TiCl_3 - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 法测定铁矿石中铁的含量	165
实验四十八	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的配制和标定	166
实验四十九	间接碘量法测铜盐中的铜含量	167
实验五十	直接碘量法测定维生素 C 的含量(半微量滴定分析法)	168
实验五十一	钡盐中钡含量的测定(灼烧法)	170

实验五十二	钡盐中钡含量的测定(微波法)	172
实验五十三	邻二氮菲分光光度法测定试样中微量铁	174
实验五十四	高碘酸钠光度法测定合金钢中锰量	175

4 提高性实验

178

实验五十五	分光光度法测定混合物中铬和钴的含量	178
实验五十六	有机化合物的紫外光谱及溶剂性质对吸收光谱的影响	179
实验五十七	紫外吸收光谱测定蒽醌试样中蒽醌的含量和摩尔吸光系数	180
实验五十八	红外光谱测定有机化合物的结构	182
实验五十九	分子荧光法测定奎宁的含量	183
实验六十	火焰原子发射光谱法测定水中 K^+ 、 Na^+	184
实验六十一	电感耦合等离子体发射光谱测定废水中镉、铬含量	186
实验六十二	火焰原子吸收光谱法测定自来水中钙、镁的含量	187
实验六十三	石墨炉原子吸收光谱法测定水样中锰含量	189
实验六十四	离子选择性电极测定水中氟含量	191
实验六十五	硫酸铜电解液中氯离子的自动电位滴定	193
实验六十六	循环伏安法测定电极反应参数	194
实验六十七	阳极溶出伏安法测定水样中的微量镉	196
实验六十八	混合物的气相色谱分析	198
实验六十九	酒精饮料中各成分的分离和分析	199
实验七十	高效液相色谱法测定苯和甲苯	200
实验七十一	固相萃取-高效液相色谱法测定废水中的痕量苯酚	201
实验七十二	溶液表面张力的测定	202
实验七十三	恒温槽性能的测试	204
实验七十四	黏度法测定高聚物相对分子质量	206
实验七十五	$Fe(OH)_3$ 溶胶的制备和电泳	209
实验七十六	蔗糖水解反应速率常数的测定	212
实验七十七	燃烧热的测定	214
实验七十八	凝固点降低法测定萘的分子量	218
实验七十九	中和热的测定	220
实验八十	纯液体饱和蒸气压的测定	222
实验八十一	双液系气-液平衡相图的绘制	224
实验八十二	二组分固-液相图的绘制	226
实验八十三	碳钢阳极极化曲线的测定	229
实验八十四	电导法测定难溶盐的溶解度	231
实验八十五	电极制备和电池电动势的测定	233

5 综合性实验

236

实验八十六	四氧化三铅组成的测定	236
-------	------------	-----

实验八十七	一种钴(Ⅲ)配合物的制备	237
实验八十八	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 的制备、提纯及纯度检验	239
实验八十九	阿司匹林的制备与表征	242
实验九十	阿司匹林药片中主成分的含量测定与结构分析	244
实验九十一	局部麻醉剂——苯佐卡因的合成	246
实验九十二	乙酰苯胺的制备及重结晶	248
实验九十三	磺胺药物的合成	250
实验九十四	植物生长调节剂——2,4-二氯苯氧乙酸的合成	252
实验九十五	金属有机化合物——二茂铁的合成	253
实验九十六	双酚 A 的制备	255
实验九十七	安息香缩合反应——1,2-二苯乙醇酮的合成	256
实验九十八	甲基橙的制备	259
实验九十九	水泥熟料中 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 的系统分析	260
实验一百	萃取光度法测定合金钢中的微量铜	265
实验一百零一	人发中铁、铜、锌、钙含量的测定	266
实验一百零二	肉制品中亚硝酸盐和硝酸盐的测定	268
实验一百零三	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 脱水过程热分析实验	271
实验一百零四	胶体的制备和性质	275
实验一百零五	植物中可溶性还原糖的测定	277
实验一百零六	酱油中氨基酸态氮含量的测定	278
实验一百零七	乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	279

6 设计性实验

282

实验一百零八	硫酸亚铁铵的制备及其组分分析	282
实验一百零九	混合酸(或碱)中各组分的测定	283
实验一百一十	胃舒平药片中 Al_2O_3 和 MgO 含量的测定	284
实验一百一十一	铁矿石中铁元素的形态分析	285
实验一百一十二	环境水样中重金属离子的测定	285
实验一百一十三	酱油的鉴别检验	286
实验一百一十四	硫酸银溶度积和溶解热的测定	287
实验一百一十五	利用废电池中的锌片制备硫酸锌及锌含量的测定	287
实验一百一十六	钢渣的 EDTA-碱溶液浸提液中钙、镁、铁、铝含量的测定	288
实验一百一十七	苯酚相转移催化合成水杨醛及香豆素	289
实验一百一十八	各类有机化合物的性质	290
实验一百一十九	原电池电动势的测定与应用	290
实验一百二十	从铅锌尾矿中回收铅、锌及含量的测定	291

7 附录

292

参考文献

302

1

绪

论

1.1 大学化学实验课程简介及教学目标

1.1.1 大学化学实验课程简介

大学化学实验是在分别开设的无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验、物理化学实验基础上优化重组而成的，它既是一门独立的实验课程，又与相应的无机化学、有机化学、分析化学（含仪器分析）、物理化学理论课程紧密联系。因此，大学化学实验课程在教学组织上基本配合四大化学的理论课程教学，由浅入深、由简到繁、由单技能到组合技能训练，使学生的学习循序渐进，能灵活地运用所学理论知识指导实验。

《大学化学实验》以学生基本操作和技能训练为主线，建立了基础性实验、提高性实验、综合性实验、设计性实验四个教学层次，形成了“一体化、多层次”的大学化学实验课程体系。

基础性实验主要涵盖无机化学实验、有机化学实验、分析化学实验的内容，在进行实验基本操作技能训练的同时，加深学生对各理论课程的理解和记忆；提高性实验主要涵盖物理化学实验、仪器分析实验的内容，在掌握基本操作技能的基础上，进一步提高仪器设备的应用和操作能力，加强分析及解决问题的能力训练；综合性实验强调化学各学科间以及化学与材料、环境、食品等科学的交叉融合，培养学生的综合应用能力；创新与设计性实验强调学生会查阅文献资料，设计实验方案，并进行实验研究。

1.1.2 大学化学实验课程教学目标

学生通过大学化学实验课程的学习将达到以下目标：

(1) 熟练掌握化学实验的基本操作和基本技能，能正确使用相关仪器设备，准确采集实验数据；

(2) 具有正确记录、处理数据和表达实验结果的能力，能认真观察实验现象并进行分析判断、归纳总结，从感性认识上升到理性认识；

(3) 具有自我获取知识、提出问题、分析问题和解决问题的独立工作能力；

(4) 具有实事求是、精益求精的科学态度，勤俭节约的优良作风，相互协作的团队精神，勇于开拓的创新意识。

大学化学实验的教学目标，不只是培养学生的基本实验技能，更重要的是培养学生的科学创新能力和独立的思维与研究能力，培养学生的综合素质。

1.2 大学化学实验课程学习方法

1.2.1 大学化学实验课程学习方法及要求

大学化学实验课程和其它课程的学习方法不尽相同, 总结归纳如下。

(1) 实验前充分预习。预习时应做到认真阅读实验教材和理论课本中有关内容, 明确实验目的、基本原理、操作步骤及注意事项等, 弄清实验要做什么, 怎么做, 为什么要这样做, 不照样做会有什么影响。如果实验中有特殊的仪器或装置, 应了解其使用方法或装置原理以及操作注意事项。实验内容后面所附的思考题, 可查阅资料初步解决。

(2) 写好预习报告。预习报告包括实验目的、原理、简单步骤, 设计好记录数据和现象的表格, 以便实验时及时准确记录测得的数据和观察到的现象, 进入实验室做到胸有成竹。

(3) 实验中认真操作。实验时严肃认真, 善于观察, 勤于思考, 手脑并用, 统筹计划, 做到紧张有序地工作, 不能只是“照方配药”式地被动做实验。实验过程中应保持肃静, 桌面始终保持整齐、清洁, 养成良好的实验习惯。若有疑难问题, 同学之间可以互相小声讨论或询问教师, 力争自己解决。实验失败, 要查找原因, 经教师同意后可重做。

(4) 实验中认真做好原始记录。实验中的现象和数据应及时如实地记入记录本, 这部分称原始记录, 不允许记在零碎纸片上, 以防丢失或转抄时发生错误。实验的原始数据不得用铅笔填写, 更不能随意涂改拼凑和伪造数据, 如发现数据测错、读错或算错而需要改动时, 可将该数据用一横线划去, 并在其上方写上正确的数字。

(5) 实验后认真完成实验报告。实验结束后, 及时总结、分析实验现象, 整理和处理实验数据, 结合理论课程学习的知识, 分析得出实验结论, 并对实验提出自己的改进意见或建议, 独立、认真地完成并按时提交实验报告。

1.2.2 实验报告示例

实验报告是根据实验原理、现象、数据和问题等, 对实验进行概括和分析总结的书面报告。一般应包括: 实验题目, 实验日期, 实验目的, 实验原理, 仪器与试剂, 实验步骤, 实验数据和现象, 实验结果或结论, 问题讨论等项。

实验数据处理应写出计算公式, 并注明公式所用的已知常数的数值, 注意各数值所用的单位。作图必须使用坐标纸, 图要端正地粘贴在报告上。有条件的话, 最好使用计算机作图和处理实验数据。实验报告应力求数据齐全、图表清晰、文字简练、表达准确、书写整洁、结论明确。

1.2.2.1 化合物性质与化学平衡类实验报告示例

实验四 配合物与沉淀溶解平衡

一、实验目的

1. 加深对配合物与沉淀溶解平衡原理的理解。
2. 学习利用配合物与沉淀溶解平衡原理分离混合阳离子。
3. 学会离心机的使用和固-液分离操作。

二、实验原理 (略)

三、实验仪器与试剂 (略)

四、实验简单步骤、实验现象、有关反应方程式、解释和结论列于下表

实验编号	加入主要试剂	实验现象	解释或方程式
1. 配合物的形成与颜色变化	(1) FeCl_3 中加入 KSCN	血红色	$\text{Fe}^{3+} + n\text{NCS}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{NCS})_n]^{3-n}$
	再加 NaF	血红色褪去	$[\text{Fe}(\text{NCS})_n]^{3-n} + 6\text{F}^- \rightleftharpoons [\text{FeF}_6]^{3-} + n\text{NCS}^-$
	(2) $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 加 KSCN	颜色不变	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 中 Fe^{3+} 很少
	$\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 加 KSCN	血红色	$\text{Fe}^{3+} + n\text{NCS}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{NCS})_n]^{3-n}$
(3)	CuSO_4 加 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	开始有蓝色沉淀	$2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$
	过量后	产生, 后沉淀逐渐溶解, 溶液蓝色加深	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_4^+ + 6\text{NH}_3 \rightleftharpoons 2[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
	分两份分别加		
	NaOH	无沉淀	Cu^{2+} 形成了 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
2. 略	BaCl_2	白色沉淀	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$
	(1) 略	略	略

五、思考题与问题讨论

可以根据思考题回答问题, 也可以对实验结果或实验过程中发现的问题, 加以分析讨论。

1.2.2.2 物质提纯与制备类实验报告示例

实验九 粗食盐的提纯及纯度检验

一、实验目的

1. 学会用化学方法提纯粗食盐的过程及原理。
2. 练习台秤的使用、常压过滤、减压过滤、蒸发浓缩、干燥等基本操作。
3. 学习食盐中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 的定性检验方法。

二、实验原理 (略)

三、实验仪器与试剂 (略)

四、实验简单步骤及结论见下表

1. 粗食盐的提纯步骤及结果	称粗食盐质量/g	溶解	SO_4^{2-} 的除去	Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ba^{2+} 的除去	调节 pH 浓缩	结晶、减压过滤、干燥	提纯食盐外观及质量/g	产率
2. 产品纯度检验	检验项目			检验方法		实验现象		结论
	SO_4^{2-}			加 BaCl_2 溶液				
	Ca^{2+}			加 $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ 饱和溶液				
	Mg^{2+}			加 NaOH 溶液、镁试剂				

五、思考题及问题讨论 (略)

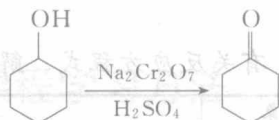
1.2.2.3 有机合成类实验报告示例

实验二十七 环己酮的制备

一、实验目的

1. 了解由环己醇氧化制备环己酮的原理和方法。
2. 进一步掌握分液漏斗的使用方法。

二、实验原理及主要反应式



三、主要试剂及其物理化学常数

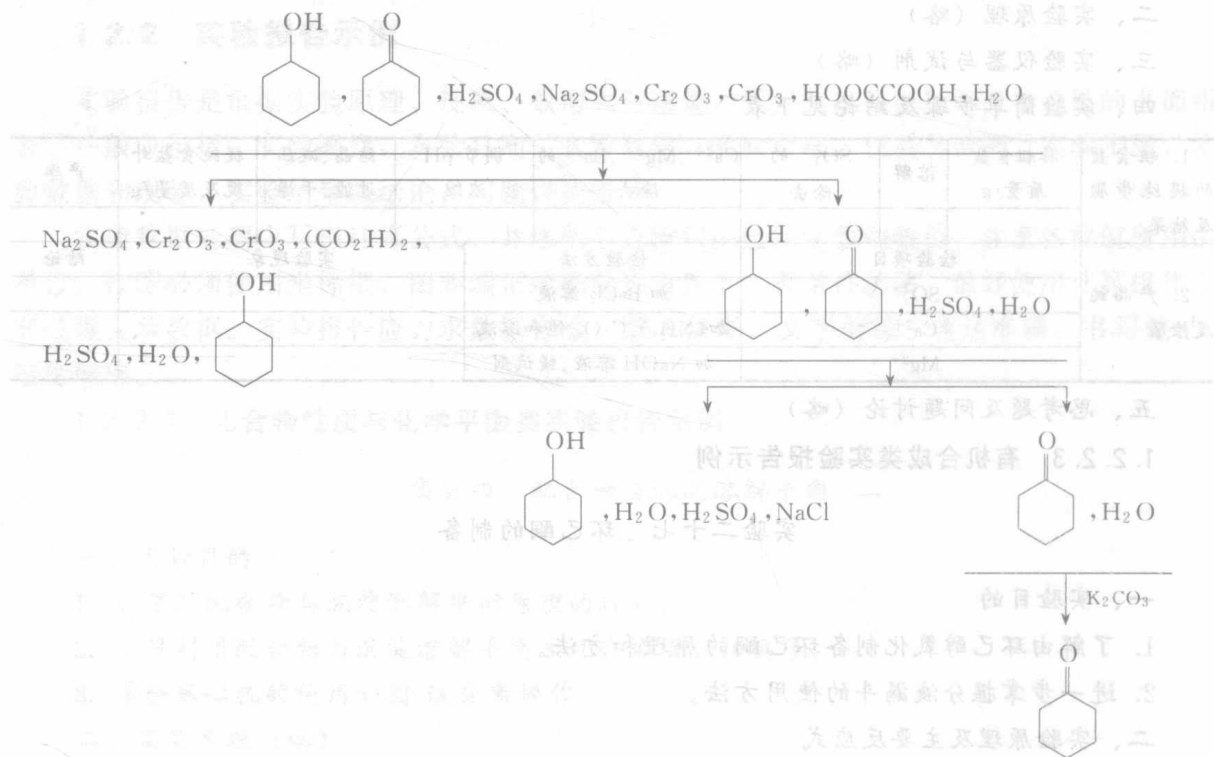
名称	相对分子质量	性状	折射率 n_D^{20}	相对密度 d_4^{20}	熔点/℃	沸点/℃	溶解度/g·100mL ⁻¹
环己醇	100.16	无色液体	1.4648	0.9493	22~25	161.5	5.67
环己酮	98.14	无色液体	1.4507	0.9478	—	155.65	2.4

四、实验内容（步骤）及现象记录

步骤	现象及数据记录
将 10.4g $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 完全溶于 6mL 水中, 备用	成红棕色溶液
在圆底烧瓶中加入 60mL 冰水, 慢慢加入 10mL 浓 H_2SO_4 , 混匀	
加入 10.5mL 环己醇, 混合均匀, 溶液中插入温度计, 冷却到 $<30^\circ\text{C}$	开始时分层, 摇动后慢慢成溶液
将约 1mL 备用的重铬酸钠溶液加入圆底烧瓶中, 摇动, 观察现象	混合液升温, 冷却后为 50°C , 溶液由红棕色变为草绿色
反应液由橙红色变为墨绿色后, 将剩余的重铬酸钠溶液分多次加入圆底烧瓶中, 不断振摇烧瓶, 控制滴加速度, 保持烧瓶内反应液温度在 $55\sim 60^\circ\text{C}$ 。超过此温度时, 立即在冰水浴中冷却	最后红棕色不全消失, 温度降为 30°C
加 0.5g 草酸于圆底烧瓶中, 振荡	混合液变成墨绿色
加 50mL 水于圆底烧瓶中, 加沸石, 装成蒸馏装置, 蒸馏, 直至馏出液不再浑浊后再多收集约 10mL 馏出液	95°C 时开始有馏分, 馏分浑浊 收集馏出液体积为 45mL。
转移约 45mL 馏出液到分液漏斗中, 加 8g 食盐, 振荡、静置分层、分液	上层为有机层, 下层为水层
称取无水 K_2CO_3 干燥有机层	无水 K_2CO_3 5g 开始浑浊, 后为澄清透明溶液
过滤, 蒸馏精制	150°C 前馏分极少, 接收 $155\sim 156^\circ\text{C}$ 馏分
观察产品外观	无色透明液体
称重(或量体积)	瓶重 20.40g, 共 26.25g(体积 6.1mL)

五、仪器装置图（略）

六、产物的提纯过程及原理



七、注意事项

1. 配制氧化剂溶液时要注意加料顺序, 难全溶时可适当加热溶解, 溶完后放置冷却。
2. 本实验是一个放热反应, 必须严格控制反应温度, 以避免反应过于剧烈。必要时立即在冰水浴中冷却。
3. 水的馏出量也不宜过多, 否则会造成少量环己酮溶于水而损失掉。

八、实验数据处理及产率的计算

$m_{\text{环己醇}}/\text{g}$	$m_{\text{环己酮}}$		产率/%
	实际产量/g	理论产量/g	
10.5×0.9493	5.75	9.77	58.9

有关公式: $m_{\text{环己酮}}(\text{理论}) = \frac{m_{\text{环己醇}} M_{\text{环己酮}}}{M_{\text{环己醇}}}$, 产率 = $\frac{m_{\text{环己酮}}(\text{实际})}{m_{\text{环己酮}}(\text{理论})} \times 100\%$

九、实验总结或问题讨论 (略)

1.2.2.4 测定类实验报告示例

实验三十七 NaOH 和 HCl 溶液的配制及比较滴定

一、实验目的

1. 掌握酸式、碱式滴定管的使用操作技术。

2. 掌握酸、碱标准溶液的配制方法。

3. 掌握利用指示剂变色确定滴定终点的判断方法。

二、实验原理 (略)

三、实验仪器与试剂 (略)

四、实验简单步骤

1. $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液的配制

称取约 1g NaOH 固体 → 烧杯 → 加 250mL 水溶解搅匀。

2. $0.10\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 溶液的配制

量取浓 HCl 约 2.1mL → 烧杯 → 加 250mL 水搅匀。

3. 酸碱溶液的相互滴定 (以甲基橙为指示剂)

简单步骤: 准备酸式和碱式滴定管 → 调节溶液的液面在“0”刻度附近并记录初读数 V → 放出 NaOH 溶液 25mL 左右于锥形瓶中 + 甲基橙 1~2 滴 → 用 HCl 溶液滴定至溶液由黄色变成橙色 (如滴定过量, 溶液颜色为红色, 此时可在锥形瓶中滴入少量 NaOH 溶液, 溶液由红色变成黄色, 再滴加少量 HCl 溶液, 使溶液由黄色变成橙色) → 记录终读数 V → 如此反复练习滴定操作。平行滴定 2~3 次。

改用以酚酞为指示剂练习。

五、实验结果及数据处理

$0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl 滴定 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH (甲基橙指示剂) 数据记录及测定结果见下表

序 号	1	2	3
V_{HCl} 终读数/mL	21.15	21.14	21.16
V_{HCl} 初读数/mL	0.00	0.00	0.00
V_{HCl} /mL	21.15	21.14	21.16
V_{NaOH} 终读数/mL	21.08	21.10	21.10
V_{NaOH} 初读数/mL	0.00	0.00	0.00
V_{NaOH} /mL	21.08	21.10	21.10
$V_{\text{HCl}}/V_{\text{NaOH}}$			
$V_{\text{HCl}}/V_{\text{NaOH}}$ 平均值			
偏差 d_i			
平均偏差 $\bar{d}$			
相对平均偏差 $\bar{d}_r/\%$			

有关计算公式：

$$\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + |x_3 - \bar{x}|}{3\bar{x}} \times 100\%$$

六、思考题或问题讨论（略）

1.3 实验室学生守则

- (1) 实验前必须认真预习，明确实验目的和要求，了解实验的基本原理和方法，了解实验安全措施及注意事项。若发现学生预习不够充分时，教师有权令其暂停实验重新预习，符合要求后方可继续实验。
- (2) 实验时遵守实验纪律，不得迟到、早退，保持室内安静。实验室内禁止吸烟及饮食，不准用实验器皿作茶杯或餐具。实验室内的一切物品（仪器、药品和产物等）不得带离实验室。
- (3) 进实验室后，先清点仪器，再将所需用的仪器洗净、摆齐在桌面上。如发现有缺少或破损，应向指导教师报告，按规定办理手续进行补领。如果在实验过程中，损坏了仪器，应按价赔偿，领取新仪器。
- (4) 实验时，必须在指定的位置上进行实验，未经教师同意不得擅自更换位置，更不允许实验时擅自离开岗位。
- (5) 实验时，听从教师指导，遵守操作规则，认真操作，仔细观察，如实认真记录各种实验现象和测量数据，独立完成规定的实验内容。
- (6) 实验时，注意节约用水、电和化学药品，保持桌面和实验室的整洁。实验中的残渣、废液应倒入指定的废物桶内，不得随意倒入水槽中。
- (7) 实验时，要小心使用仪器和设备，注意操作安全。使用精密仪器时，必须严格按照操作规程操作，若发现异常情况或出现故障，应立即停止使用，报告教师，找出原因，排除故障。
- (8) 实验完毕后，必须将仪器洗涤干净，放回原处，整理并擦净实验台面，如有破损仪器，按手续登记补领。最后将实验的原始记录交给指导教师审阅后方可离开实验室。
- (9) 实验完毕后，值日的同学应整理好试剂，把桌面、地面和水槽打扫干净，将废