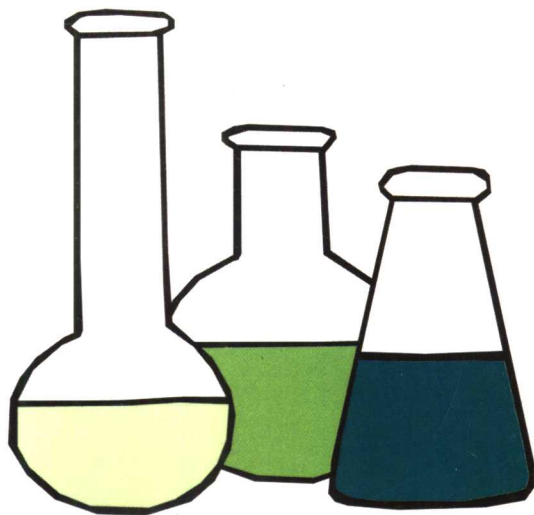


大学基础化学实验

高绍康 主编 陈建中 副主编

DAXUE JICHU HUAXUE SHIYAN



福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

大学基础化学实验/高绍康主编. —福州: 福建科学技术出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-5335-2956-7

I. 大… II. 高… III. 化学实验—高等学校—教材

IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 020702 号

书 名	大学基础化学实验
主 编	高绍康
副 主 编	陈建中
出版发行	福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
经 销	各地新华书店
排 版	福州大学校办工厂产品经营部
印 刷	福州德安彩色印刷有限公司
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张	39.25
字 数	985 千字
版 次	2007 年 4 月第 1 版
印 次	2007 年 4 月第 1 次印刷
印 数	1-1800
书 号	ISBN 978-7-5335-2956-7
定 价	59.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

跨入 21 世纪,随着我国高等教育进入大众化时代,提高实践教学的水平和质量已成为高等学校和社会共同关注的课题。化学实验教学是现代化学高等教育过程中不可缺少的实践教学环节,在培养学生的基础知识、实践能力和科学素质等方面起着不可替代的作用。随着实践教学改革的不断深入,化学实验已不再是化学教学的附属课程,而成为一门涵盖理论知识、操作技能、实验动手能力的独立课程。因此,加强化学实验教学环节,培养学生的创新意识,增强学生实践动手能力,已成为全面提高学生整体素质教学的重要组成部分。

自 1997 年以来,我们根据教育部召开的“面向 21 世纪和加强高素质教育高校教学工作会议”精神,以及教育部理科化学教学指导委员会制定的“化学与应用化学实验教学基本内容”的要求,结合福州大学以工为主、理工结合的多学科性大学的特点,对化学专业实验课程体系、实验教学内容和教学模式等方面的改革进行了积极的探索和实践。从培养学生的实验动手能力、观察能力、综合能力和发现创新能力出发,本着化学实验教学“基础化、综合化、一体化”的原则,在保证原来无机化学、有机化学、分析化学、物理化学等四大化学实验基本要求的基础上,考虑实验课程的系统性、科学性和完整性,改变了四大化学实验长期依附于理论课程的传统模式和原有实验体系,以化学一级学科为平台,对实验内容进行了精简和重组,建立了一个全新的实验模块化教学体系。该体系由“化学实验基本技能”、“元素与化合物的性质和鉴别”、“基本化学合成与制备”、“物理量和参数的测定”、“定量和仪器分析”、“综合化学实验”等六大模块组成。新体系在教学内容安排上,不局限于对理论知识的验证,而是从基础知识、基本训练到应用性、综合性和设计性实验,循序渐进地引导学生从掌握基本的实验技能到熟练进行综合实验设计,以期全面提高学生的实验动手能力、综合设计能力、科学研究能力以及培养团队协作精神,为学生今后的学习与科研工作训练奠定良好的、扎实的实验基础。

经过几年的努力 and 实践,实验模块化教学新体系得到了进一步的完善。同时,几年来的教学实践也证明了这种安排的合理性和可行性,取得了较好的教学效果,得到广大师生的好评,并推动了实验教学管理体制的改革(本项教学改革获得 2001 年福州大学教学改革成果一等奖)。在总结实验教学实践经验的基础上,我们借鉴和吸收了国内其他高校在化学实验教学改革方面的经验,编写了这本适用于化学实验模块化教学新体系的实验教材。

本书由上、下两篇及附录等部分组成。上篇主要介绍化学实验基本知识、基本操作和基本

技术及实验数据的处理等;下篇为实验部分,与实验模块化教学新体系中的前五个模块相衔接,由基本操作和技能训练实验、元素与化合物的性质及鉴别实验、基本化学合成与制备实验、定量分析和仪器分析实验、基本物理量和物化参数测定实验构成。在实验内容安排上,由浅入深,由易到难,既有传统的实验,也有反映化学学科发展的新技术、新方法的实验,尽可能体现应用性、趣味性、先进性和综合性。在附录部分列入了化学实验中必需的一些重要数据表,便于学生在预习和实验中查阅和应用。

本书着重介绍化学实验的基本知识、基本操作和基本技术,注重加强学生独立规范的操作和基本技能的训练,使学生基本掌握从事化学研究的方法和规律,为后续的综合化学实验和毕业论文实验打下基础。同时,更侧重于学生能力的培养和综合素质的提高,在每一个实验前面提出实验的“目的与要求”和“预习与思考”,以针对实验独立设课及实验课超前于理论课的实际情况,引导学生自主地进行预习、学习。除了在各个实验模块中设置一定数量的综合设计性实验外,在一些实验中还设置了“小设计实验”,以引导学生拓展思维空间和知识面,培养学生的创新意识和能力。

本书既可作为化学、应用化学及相关专业的实验教学用书,也可作为大学本科化工、轻工、材料、环境化学、生物类专业学生的基础化学实验教材或教学参考书。

本书编写工作分工如下:高绍康(第一至五章、第七章),庄乃锋、高绍康(第六章),赵斌、李荣华、方昕、游毅、柯子厚(第八至十章),林翠英、王建(第十一章),庄乃锋(第十二章),高绍康、王桂美(附录);郑欧、李奕、王俊东、苏文悦、陈义平等参与了第十二章的部分编写工作;全书由高绍康统稿、定稿,高绍康、陈建中审阅。

本书是福州大学化学化工学院历年来从事实验教学的教师们共同努力的结果。在编写中参考了一些兄弟院校的实验教材并吸取了其中一些内容;福州大学化学化工学院及化学化工实验教学中心的领导和老师给予本书许多的关心、帮助和支持;福州大学教务处给予本书编写的立项支持;袁锡文老师对本书的编写工作提出了许多宝贵的意见和建议。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中疏漏和不当之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。

编 者

2006年11月于福州大学

目 录

上篇 基础化学实验的基本知识、基本操作和基本技术

第一章 绪论	1
第一节 基础化学实验的目的与要求	1
第二节 化学实验室安全知识	9
第三节 化学文献基础知识介绍	13
第二章 化学实验的基本知识	21
第一节 常用玻璃仪器	21
第二节 化学试剂	32
第三节 常用溶剂	37
第四节 气体的制备与纯化	47
第五节 试纸与滤纸	53
第三章 化学实验的基本操作	55
第一节 简单玻璃工操作和塞子钻孔	55
第二节 量器及其使用	59
第三节 称量仪器的使用	70
第四节 加热与冷却	77
第五节 干燥技术	85
第六节 熔点的测定和温度计的校正	91
第四章 化学实验中的分离与提取	97
第一节 固液分离	97
第二节 重结晶	106
第三节 升华	110
第四节 蒸馏	112
第五节 分馏	116
第六节 减压蒸馏	120
第七节 水蒸气蒸馏	124
第八节 萃取和洗涤	127
第九节 色谱分离技术	131
第五章 实验误差与数据处理	140
第一节 实验记录	140
第二节 误差分析	140
第三节 实验结果的数据处理	147

第六章 基本物理量的测定技术	159
第一节 温度的测量	159
第二节 温度的控制技术	177
第三节 压力的测量技术及仪器	186
第四节 黏度、密度、折射率和旋光度的测定	200
第五节 热分析测量技术及仪器	212
第六节 电化学测量技术及仪器	220
第七章 化学实验室常用的仪器设备	228
第一节 酸度计	228
第二节 电导率仪	231
第三节 分光光度计	233
第四节 其他化学实验室常用的设备	237

下篇 实 验

第八章 基本操作和技能训练实验	242
实验一 仪器的洗涤、干燥与玻璃工操作	242
实验二 电子分析天平的使用	246
实验三 溶液的配制	247
实验四 酸碱滴定操作	249
实验五 氯化钠的提纯	254
实验六 阿伏伽德罗常数的测定	257
实验七 基本操作综合训练	259
实验八 蒸馏及沸点的测定	260
实验九 简单分馏	263
实验十 萃取	265
实验十一 熔点测定及温度计校正	267
实验十二 重结晶及过滤	269
实验十三 茶叶中咖啡碱的提取	272
实验十四 肉桂中肉桂醛的提取	275
实验十五 减压蒸馏	277
实验十六 色谱法	280
第九章 元素与化合物的性质及鉴别实验	284
实验十七 卤素	284
实验十八 碱金属和碱土金属	287
实验十九 过氧化氢和铝	291
实验二十 碳、硅、硼	294
实验二十一 氮和磷	297

实验二十二	锡、铅、砷、锑、铋	302
实验二十三	硫及其化合物	306
实验二十四	ds 区元素化合物的性质	310
实验二十五	d 区元素化合物的性质(一)	313
实验二十六	d 区元素化合物的性质(二)	319
实验二十七	常见阳离子的分离与鉴定	321
实验二十八	常见阴离子的分析	330
实验二十九	有机物元素定性分析	334
实验三十	烷、烯、炔的鉴定	337
实验三十一	卤代烃、酚、醇的鉴定	338
实验三十二	醛、酮和糖的鉴定	342
第十章	基本化学合成与制备实验	348
实验三十三	由胆矾精制五水硫酸铜	348
实验三十四	硫酸亚铁铵的制备	349
实验三十五	铁黄颜料的制备	352
实验三十六	转化法制备硝酸钾	354
实验三十七	四碘化锡的制备	356
实验三十八	高锰酸钾的制备及纯度测定	359
实验三十九	重铬酸钾的制备	362
实验四十	十二钨硅酸的制备、萃取分离及表征	364
实验四十一	二茂铁的制备	367
实验四十二	醋酸铬(Ⅱ)水合物的制备	369
实验四十三	反尖晶石类型化合物铁(Ⅲ)酸锌(ZnFe_2O_4)的制备及表征	371
实验四十四	碘酸钾的合成	374
实验四十五	一种钴(Ⅲ)配合物的制备及组成的测定	377
实验四十六	三草酸合铁(Ⅲ)酸钾的制备及组成的测定	380
实验四十七	乙酰丙酮锰的制备和磁化率测定	383
实验四十八	乙酰苯胺的制备	386
实验四十九	卤代烃	388
实验五十	环己烯	393
实验五十一	肉桂酸的制备	395
实验五十二	羧酸酯的制备——酯化反应	398
实验五十三	乙酸正丁酯	401
实验五十四	乙醚的制备	403
实验五十五	乙酰乙酸乙酯的制备	406
实验五十六	2-甲基-2-己醇的制备	410
实验五十七	重氮盐及其反应	413
实验五十八	甲基橙的制备	417

实验五十九	苯甲醇和苯甲酸的制备	420
实验六十	苯乙酮的制备	423
实验六十一	硝基苯的制备	425
实验六十二	苯胺的制备	427
实验六十三	硫代硫酸钠的制备及标定	429
实验六十四	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ 和 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 的制备和组成测定	430
实验六十五	电解法制备高锰酸钾及其纯度分析	430
实验六十六	明矾晶体的培养及成分分析	431
实验六十七	锰的杂多钒酸盐的合成及组成测定	432
实验六十八	硫酸二氨合锌的制备及含量测定	432
实验六十九	菠菜中叶绿素的提取、分离和含量测定	433
实验七十	驱蚊剂 N, N -二乙基-间-甲苯甲酰胺的制备	434
第十一章	定量分析和仪器分析实验	436
实验七十一	酸碱溶液的配制和浓度的比较	436
实验七十二	酸碱标准溶液浓度的标定	439
实验七十三	混合碱的测定(双指示剂法)	441
实验七十四	有机酸摩尔质量的测定	443
实验七十五	硫酸铵肥料中含氮量的测定(甲醛法)	445
实验七十六	EDTA 标准溶液的配制和标定	446
实验七十七	水的硬度的测定(配合滴定法)	449
实验七十八	铅铋混合液中铅铋含量的连续测定	451
实验七十九	铝合金中铝含量的测定	453
实验八十	高锰酸钾标准溶液的配制和标定	455
实验八十一	过氧化氢含量的测定(高锰酸钾法)	457
实验八十二	水样中化学耗氧量(COD)的测定(高锰酸钾法)	458
实验八十三	碘和硫代硫酸钠标准溶液的配制和标定	460
实验八十四	硫酸铜中铜含量的测定	464
实验八十五	水果中维生素 C 含量的测定	466
实验八十六	褐铁矿中铁含量的测定(无汞法)	467
实验八十七	工业苯酚纯度的测定	469
实验八十八	氯化物中氯含量的测定(莫尔法)	472
实验八十九	二水合氯化钡含量的测定(硫酸钡晶形沉淀重量分析法)	474
实验九十	工业漂白精中有效氯和固体总钙量的测定(设计实验)	476
实验九十一	邻二氮菲分光光度法测定微量铁	476
实验九十二	紫外吸收光谱法同时测定邻位和对位甲苯磺酰胺的含量	479
实验九十三	荧光分光光度法测定维生素 B_2	482
实验九十四	原子吸收分光光度法测定自来水中钙、镁的含量	484
实验九十五	有机化合物红外光谱的测定	488

实验九十六	离子选择性电极测定试样中的氟含量	490
实验九十七	极谱法测定扩散系数和半波电位	492
实验九十八	库仑滴定法测定硫代硫酸钠的浓度	495
实验九十九	单扫描极谱法测定铜的含量	496
实验一〇〇	循环伏安法判断电极过程	498
实验一〇一	阳极溶出伏安法测定镉	500
实验一〇二	气相色谱定性定量分析	501
实验一〇三	气相色谱仪热导池检测器灵敏度的测定	503
实验一〇四	醇系物的分离(程序升温气相色谱法)	505
实验一〇五	稠环芳烃的高效液相色谱法分析及柱效能评价	506
实验一〇六	硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)热分析曲线的测试	509
实验一〇七	X射线衍射法物相分析	511
第十二章	基本物理量和物化参数测定实验	514
实验一〇八	液体饱和蒸气压的测定	514
实验一〇九	凝固点降低法测摩尔质量	516
实验一一〇	分解反应平衡常数的测定	520
实验一一一	燃烧热的测定	522
实验一一二	二元液系气-液相图的绘制	526
实验一一三	二组分固-液相图的绘制	531
实验一一四	差热分析	534
实验一一五	分光光度法测定配合物的稳定常数	537
实验一一六	离子迁移数的测定(界面移动法)	542
实验一一七	离子迁移数的测定(希托夫法)	544
实验一一八	电动势法的测定及其应用	547
实验一一九	蔗糖水解速率常数的测定	550
实验一二〇	乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	553
实验一二一	B-Z 振荡反应	556
实验一二二	黏度法测定高聚物的相对分子质量	560
实验一二三	溶液表面吸附的测定	565
实验一二四	胶体制备及 ζ 电位的测定	569
实验一二五	磁化率——配合物结构的测定	571
实验一二六	偶极矩的测定	577
实验一二七	设计实验	583
附录	常用数据表	584
附表 1	国际单位制(SI)基本单位	584
附表 2	国际单位制(SI)词头	584
附表 3	可与国际单位制并用的我国法定计量单位	585
附表 4	一些物理和化学的基本常数	585

附表 5	常用的换算因子(能量)	587
附表 6	常用的换算因子(相当的能量)	587
附表 7	常用的换算因子(压力)	587
附表 8	元素的相对原子质量(原子量)(1999 年)	587
附表 9	不同温度下水的折射率	589
附表 10	水的表面张力($\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$)	589
附表 11	0~100℃ 水的黏度	590
附表 12	不同温度下水的饱和蒸汽压(Pa)	590
附表 13	不同温度下某些液体的密度($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	591
附表 14	常用酸碱溶液的密度和浓度	592
附表 15	常用酸碱指示剂	593
附表 16	常用酸碱混合指示剂	594
附表 17	常用金属离子指示剂	595
附表 18	常用氧化还原指示剂	595
附表 19	常用沉淀滴定指示剂	596
附表 20	常用缓冲溶液的配制	596
附表 21	我国建立的七种 pH 基准缓冲溶液 pH	597
附表 22	弱酸及其共轭碱在水中的解离常数	597
附表 23	一些难溶化合物的溶度积(298.15K)	599
附表 24	一些金属配离子的稳定常数	601
附表 25	一些氨羧配位剂与金属离子配合物的稳定常数 $\lg K(\text{ML})$	602
附表 26	在酸性溶液中的半电极反应和标准电极电势(298.15K)	603
附表 27	在碱性溶液中的半电极反应和标准电极电势(298.15K)	606
附表 28	实验室中一些试剂的配制	608
附表 29	常见离子及化合物的颜色	609
附表 30	摩尔凝固点降低常数	610
附表 31	KCl 溶液的电导率($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	610
附表 32	无限稀释溶液的离子摩尔电导率($10^{-4} \Omega^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{m}^2$)	611
附表 33	电解质水溶液的摩尔电导(298.15K)	612
附表 34	不同温度下 KCl 和 NH_4Cl 的溶解热	612
附表 35	不同温度下甘汞电极的电极电势(mV, vs. SHE)	612
附表 36	不同温度下 Ag/AgCl 的电极电势(mV, vs. SHE)	613
附表 37	二元共沸混合物的性质	613
附表 38	三元共沸混合物的性质	614

参考文献	615
------	-----

上篇

基础化学实验的基本知识、基本操作和基本技术

第一章 绪论

第一节 基础化学实验的目的与要求

一、基础化学实验的目的

化学是一门以实验为基础的学科。化学的发展已进入到理论与实践并重的阶段。在全面推进素质教育的形势下,基础化学实验作为高等理工院校化学、化工、材料等专业的主要基础课程,在培养未来科技人才的大学教育中,占有相当重要的地位。

实验是培养学生动手能力的重要手段,实验教学的功能是课堂教学所不能替代的。化学实验与课堂讲授的理论部分一样,是学生掌握知识、培养能力、孕育创新精神必不可少的教学环节。通过化学实验教学,学生可以在化学实验实践活动中,学习、巩固、深化和提高化学基本知识和基本理论,掌握从事科学实验和科学研究所必须的基本操作、基本技术、基本技能和基本能力,培养学生独立思考、发现问题、提出问题、分析问题和解决问题的能力,以及实践和创新能力。因此,通过本课程的学习,要达到以下目的:

(1)通过观察实验事实,完成从感性认识向理性认识的过渡,加深对化学理论课中的基本原理和基本知识的理解和掌握,培养学生从化学实验实践中获取新知识的能力。

(2)通过对学生进行科学实验方法的基本训练,使之能正确、熟练地掌握化学实验的基本操作、基本技术和基本技能,正确使用基本实验仪器,培养独立工作能力和独立思考能力;培养学生细致观察和记录实验现象、归纳和综合知识、正确处理数据、分析问题、用文字表达实验结果的能力,以及一定的组织实验、科学研究和创新的能力。

(3)培养学生实事求是的科学态度,严谨、细致、准确、整洁等良好的科学习惯、科学精神以及科学的思维方法,培养敬业、一丝不苟和团队协作的工作精神,养成良好的实验室工作习惯,为今后的工作奠定良好的基础。

(4)了解实验室工作的有关知识,如实验室的各项规则,实验室工作的基本程序;实验室试剂、物资和仪器的管理;实验可能发生的一般事故及其处理;实验室“三废”的一般处理方法等。

总之,经过本课程的学习和严格的实验训练,学生将具有一定的分析和解决较复杂问题的实践能力,收集和处理化学信息的能力,文字表达实验结果的能力,以及团结协作精神。

二、基础化学实验的基本要求

实验课的学习是以学生为主,要很好地完成实验任务,达到上述实验教学目的,不仅要有正确的学习态度,而且还要有正确的学习方法。在实验课学习时,学生要在以下环节严格要求自己。

1. 预习

实验课要求学生既要动手做实验,又要动脑思考问题,因此实验前必须进行充分地预习和准备。只有经过认真的课前预习,了解实验的目的与要求,弄清实验的方法及原理,明确基本仪器、装置的使用方法和注意事项等,对实验各个过程中心中有数,才能使实验顺利进行,达到预期的效果。预习时应做到:认真阅读实验教材、有关教科书和参考资料,查阅有关数据,明确实验目的和基本原理;了解实验内容,清楚实验操作方法及注意事项,估计实验中可能发生的现象和预期结果;明了实验数据的处理方法和有关计算公式,思考实验中应该注意的问题。

在预习的基础上,按指导老师的要求认真写好实验预习报告。预习报告应简明扼要,设计好记录数据或现象的栏目,其格式可以参考实验报告的格式或自己拟定,并在实践中不断加以改进,但切忌照抄书本。实验过程或步骤应尽可能用框图、箭头等符号表示。

2. 实验操作

学生在教师指导下独立地进行实验是实验课程的主要教学环节,也是训练学生正确掌握实验技术,培养独立工作、分析问题、解决问题能力的重要手段。学生实验时,原则上应按照实验教材上所提示的内容、步骤、方法、要求及药品用量进行实验,并认真独立完成。设计性实验或者对一般实验提出新的实验方案,应与指导教师讨论、修改和定稿后方可进行实验。并要求做到如下几点:

(1) 在充分预习的基础上规范操作,认真仔细地观察实验中的现象,并及时如实、详细而准确地将观察到的实验现象和数据记录在记录本上,不能随意记录在纸片上,更不能转移、涂改。原始记录须请指导教师检查、认可并签名,留作撰写实验报告的依据。

(2) 如果发现实验现象和理论不符时,应首先尊重实验事实,并认真分析和检查原因,并细心地重做实验。必要时可做对照实验、空白实验或自行设计的实验来核对,直到从中得出正确的结论,以培养独立分析、解决问题的能力。

(3) 实验过程中既要动手又要动脑,要勤于思考,注意培养自己严谨的科学态度和实事求是的科学作风。有疑问时力争自己解决问题,若遇到疑难问题和异常现象而自己难以解释时,可以相互轻声讨论或询问指导教师。

(4) 实验中应自觉养成良好的科学习惯,严格遵守实验室工作规则;实验过程中应保持肃静,始终保持桌面布局合理、环境整洁。

(5) 实验结束后,应洗净仪器,整理药品,整洁实验台面,清扫实验室,检查水、电、气开关,关闭门窗等,方可离开实验室。

3. 实验报告

做完课堂实验只是完成了实验的一半,更重要的是通过完成实验报告对所学知识进行概括与总结,通过分析实验现象,整理实验数据,将直接的感性认识提高到理性思维阶段。撰写实验报告是实验课程的基本训练内容之一,应认真对待。同时,实验报告也从一定的角度反映了一个学生的学习态度、实际水平与能力。因此,在完成实验操作后必须根据自己的实验记录,进行归纳总结,分析讨论,整理成文,并及时交指导老师审阅。

实验报告在书写方面应该做到:叙述简明扼要,文字通顺,条理清楚;字迹端正,图表清晰,结论明确。实验报告的格式,不同类型的实验略有不同,但主要内容一般应包括实验名称、实验日期、实验目的、实验原理(简要说明或反应方程式等)、实验仪器和药品、实验步骤(尽量用简图或流程图、表格、化学式、符号等表示)、实验现象和数据的记录与处理、实验结果、问题和讨论等。

应注意,实验现象要表达正确,数据记录要真实、完整,不能随意涂改或弄虚作假(数据记录附在实验报告后,供指导老师批阅实验报告时审核)。实验结果包括数据的处理和计算(可用列表或作图形式表达),是根据实验现象,进行分析、解释后得出的结论。

完成实验报告时,要着重注意下面两点:

(1) 处理实验数据时,宜用列表法或作图法,具有普遍意义的图形还可以回归成经验公式,得出的结果应尽可能地与文献数据进行比较。通过这种形式培养学生科学的思维模式,锻炼文献查阅能力和文字表达能力。

(2) 实验结果讨论是实验报告的重要组成部分,往往也是实验报告最精彩的部分,它包括实验者的心得体会(是指经提炼后学术性的体会,并非感性的表达),做好实验的关键所在,实验结果的可靠程度与合理性评价,分析并解释观察到的实验现象。如能进一步提出改进意见,或提出另一种比实验更好的合成路线等,就是创新思维,它往往蕴含着创新能力。当然,一般情况下的讨论是初级的,有些见解可能是肤浅的。重要的是有意识地培养思考、分析的习惯,尤其是培养发散性思维模式,为具有真正的创新思维打基础。

三、化学实验报告的格式

化学实验大致可以分为三种类型:制备实验、测量实验和性质实验。制备实验主要写出物质制备的原理、方法(流程)、原料量、产量、产率、产品性质、纯度检验(检验方法、反应方程式、现象、结果)、讨论等。原料经多步操作过程处理,最终得到产品。一般流程可用框图或流程图表示,每一个操作可作为一个框图。测量实验主要是测定数据以及数据处理过程,所以实验报告应有测量的简单原理、实验方法、数据记录及处理,误差及误差分析、讨论等内容。所有原始数据都要记录准确无误,计算时应该有具体数据处理过程。性质实验主要是物质性质的验证,可以加深对化学反应原理和物质性质的理解,一般可分为实验步骤、实验现象、解释(反应方程式或文字叙述)、必要的结论等。下面列出几种常见实验类型的实验报告的示例以供参考。

(一) 无机化合物的制备及综合实验报告示例

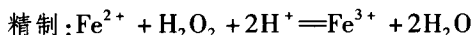
按下列五方面书写:一、实验目的;二、实验原理;三、实验步骤或方法(包括过程、条件、使用试剂名称与用量等);四、实验结果(得率、纯度检验、含量等);五、讨论(对实验过程及产品的质与量作出评价,并分析原因等)。

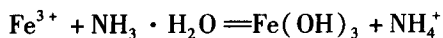
示例一 实验一 由胆矾精制五水硫酸铜

一、实验目的

1. 学习无机制备的基本原理和方法。
2. 巩固无机制备基本操作。

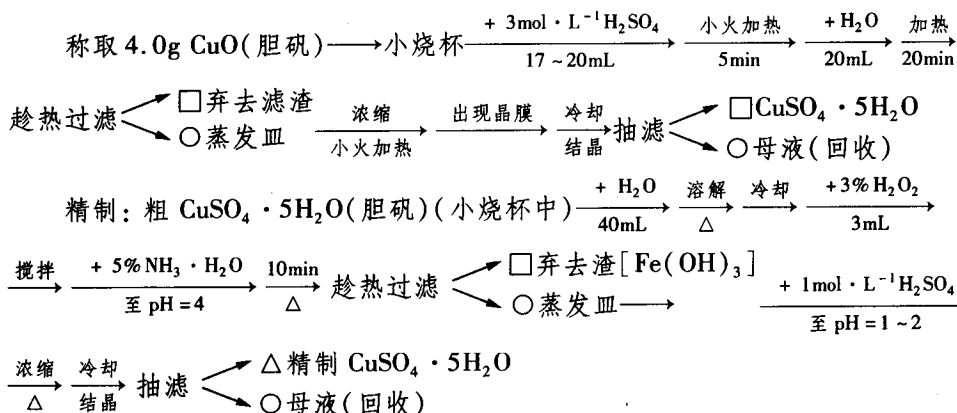
二、实验原理(可略写)





三、实验步骤

粗制:



四、实验结果

粗制 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 回收率 = ; 产品性状:

精制 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 回收率 = ; 产品性状:

五、问题与讨论

(注:联系本人实验结果分析 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 制备与纯化的操作条件对产品纯度、产品回收率的影响,以及如何提高和改进等。)

(二)元素化合物性质实验报告示例

按下列五方面书写:一、实验目的;二、实验原理;三、实验步骤或方法(包括过程、条件、使用试剂名称与用量等);四、实验现象,反应方程式与结论(用表格形式);五、问题与讨论(对实验过程中现象与结论进行必要的分析和讨论等)。

示例二 实验二 卤素

一、实验目的(略)

二、实验原理(略)

三、实验与记录(表格形式,仅写出部分内容作示例)

实验方法及步骤	现象	反应方程式与结论
卤素单质及卤化物性质和应用 试管①中 + 0.1mol · L ⁻¹ KI 0.5mL + 0.1mol · L ⁻¹ FeCl ₃ 2 滴 + CCl ₄ 0.5mL 试管②中 + 0.1mol · L ⁻¹ KBr 0.5mL + 0.1mol · L ⁻¹ FeCl ₃ 2 滴 + CCl ₄ 0.5mL	红色 无现象	$\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$
同上,试管①加 Cl ₂ 水 同上,试管②加 Cl ₂ 水	红色 $\longrightarrow$ 无色 橙色	$\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- = 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$ $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$ $\text{Cl}_2 + 2\text{Br}^- = 2\text{Cl}^- + \text{Br}_2$

Cl^- , Br^- , I^- 离子共存的分离和鉴定

混合液 ○ 5~8 滴

① 加 1~2 滴 $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$ 酸化

② 水浴加热, 搅拌, 加 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{AgNO}_3$

溶液 ○ (弃去)

◇ 沉淀 ① 用 5 滴 NH_4NO_3 溶液洗涤

② 离心分离, 加 5~8 滴银氨溶液搅拌、温热、分离

○ $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}$

加 $6\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$

白色沉淀

示有 Cl^-

◇ AgBr , AgI

① 加 H_2O + Zn 粉 + $1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ 酸化

② 搅拌、温热

○ Br^- , I^-

◇ (弃)

加 CCl_4 + Cl_2 水

○ 紫色, 示有 I^-

Cl_2 水

○ 棕黄色, 示有 Br^-

四、结果与讨论(略)

(三) 无机和化学分析中定量测定实验报告示例

示例三 实验三 强酸强碱的中和滴定

一、实验目的(略)

二、实验原理(略)

三、实验步骤

1. 洗净移液管、碱式滴定管、酸式滴定管、烧杯。

2. 用标准浓度的 NaOH 滴定未知浓度的 HCl 溶液。

(1) 装液。将标准浓度的 NaOH 溶液装入碱式滴定管, 滴定管内溶液的弯液面应在“0.00”刻度或略低处; 用 25mL 移液管准确移取 25.00mL HCl 溶液于洁净的锥形瓶内。

(2) 滴定。加入 2~3 滴 1% 酚酞指示剂, 用标准浓度的 NaOH 溶液滴定, 当溶液颜色由无色变成粉红色(半分钟不褪色)即为终点。记录初体积和终体积。

(3) 重复上述滴定操作两次。

3. 用标准浓度的 HCl 滴定未知浓度的 NaOH 溶液。

(1) 装液。将标准浓度的 HCl 溶液装入酸式滴定管, 滴定管内溶液的弯液面应在“0.00”刻度或略低处; 另取一支 25mL 移液管准确移取 25.00mL NaOH 溶液于洁净的锥形瓶内。

(2) 滴定。加入 2~3 滴甲基橙(或甲基红)指示剂, 用标准浓度的 HCl 溶液滴定, 直至溶液颜色由黄色变成橙色或橙红色时即为终点。记录初体积和终体积。

(3) 重复上述滴定操作两次。

四、数据记录与结果处理(表格形式)。

1. NaOH 溶液滴定 HCl 溶液(指示剂: 酚酞)。

内 容 记 录	滴 定 编 号				
	1	2	3		
标准 NaOH 溶液浓度 (mol · L ⁻¹)					
滴定前溶液液面读数 (V ₀) (mL)					
滴定后溶液液面读数 (V ₁) (mL)					
标准 NaOH 溶液用量 (V _{NaOH} = V ₁ - V ₀) (mL)					
HCl 溶液用量 (V _{HCl}) (mL)					
HCl 溶液浓度 (mol · L ⁻¹)					
HCl 溶液平均浓度 (mol · L ⁻¹)					

2. HCl 溶液滴定 NaOH 溶液(指示剂:甲基橙)。

内 容 记 录	滴 定 编 号				
	1	2	3		
标准 HCl 溶液浓度 (mol · L ⁻¹)					
滴定前溶液液面读数 (V ₀) (mL)					
滴定后溶液液面读数 (V ₁) (mL)					
标准 HCl 溶液用量 (V _{HCl} = V ₁ - V ₀) (mL)					
NaOH 溶液用量 (V _{NaOH}) (mL)					
NaOH 溶液浓度 (mol · L ⁻¹)					
NaOH 溶液平均浓度 (mol · L ⁻¹)					

五、结果和讨论(略)

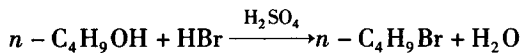
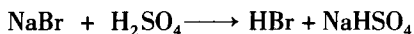
(四) 有机化学实验报告的格式

示例四 实验四 正溴丁烷的制备

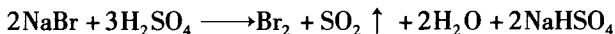
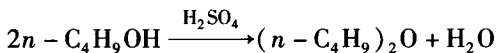
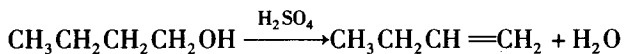
一、目的与要求

1. 掌握由醇制备溴代烷的原理及方法。
2. 掌握有机反应中常见的回流及气体吸收装置和分液漏斗的使用。

二、反应式



副反应:



三、主要试剂及产物的物理常数

名称	相对分子质量	性状	折光率	相对密度	熔点(℃)	沸点(℃)	溶解度[g · (100mL 溶剂) ⁻¹]		
							水	醇	醚
正丁醇	74.12	无色透明液体	1.39931	0.80978 ₄ ²⁰	-89.2 ~ -89.9	117.71	7.920	∞	∞
正溴丁烷	137.03	无色透明液体	1.4398	1.299 ₄ ²⁰	-112.4	101.6	不溶	∞	∞

四、主要试剂用量及规格

正丁醇：实验试剂, 15g (18.5mL, 0.20mol)。

浓硫酸：工业级, 53.40g (29mL, 0.54mol)。

溴化钠：实验试剂, 25g (0.24mol)。

五、仪器装置图(略)

六、实验步骤及现象记录

步骤	现象	现象解释
(1) 于 150mL 圆底烧瓶中放置 20mL 水 + 29mL 浓 H_2SO_4 , 摇动	成均匀溶液, 温度上升, 烧瓶烫手	硫酸溶于水放热
(2) 加入 18.5mL $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{OH}$ 及 25g NaBr 振摇 + 沸石	不分层, 有许多 NaBr 未溶, 瓶中出现白雾状 HBr	硫酸与 NaBr 反应生成 HBr
(3) 装冷凝管、HBr 吸收装置, 石棉网小火加热 1h	沸腾, 瓶中白雾状 HBr 增多, 并从冷凝管上升, 为气体吸收装置吸收。瓶中液体分为三层, 上层开始极薄, 中层为橙黄色。上层越来越厚, 中层越来越薄, 最后消失。上层颜色由淡黄变为橙黄色	开始有 $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Br}$ 生成, 溶液分层; 随着反应进行, $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Br}$ 量增多, 上层加厚; 反应完毕, 中层消失
(4) 稍冷, 改成蒸馏装置, + 沸石, 蒸出 $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Br}$, 瓶中上层消失片刻后停止蒸馏	馏出液浑浊, 分层; 瓶中上层越来越少, 最后消失。蒸馏瓶冷却, 析出无色透明结晶	馏出中含有水分, 分层。蒸馏瓶中有 NaHSO_4 晶体析出
(5) 粗产物用 15mL 水洗 在干燥分液漏斗中用 10mL H_2SO_4 洗 15mL 水洗 15mL 饱和 NaHCO_3 洗 15mL 水洗	产物在下层 加 1d 浓 H_2SO_4 沉至下层, 证明产物在上层 两层交界处有絮状物	产物密度比水大 产物密度比 H_2SO_4 溶液的密度小
(6) 粗产物置于 50mL 锥形瓶中, + 2g CaCl_2 干燥	粗产物有些浑浊, 稍摇后透明	产物不溶于水
(7) 产物滤入 30mL 蒸馏瓶中, + 沸石蒸馏, 收集 99 ~ 103℃ 馏分	99℃ 以前馏出液很少, 长时间稳定于 101 ~ 102℃。后升至 103℃, 温度下降, 瓶中液体很少, 停止蒸馏	
(8) 观察产品外观	无色透明液体	
(9) 称重	瓶重 15.5g, 共重 33.5g, 产物重 18g	
(10) 测折射率	n_D^{20} 1.4395	

七、粗产物纯化过程及原理