

教育部世行贷款21世纪初高等教育教学改革项目研究成果

高 等 学 校 教 材

GONGKE HUAXUE SHIYAN

工科化学实验

倪惠琼 蔡会武 主编



化学工业出版社

教育部世行贷款 21 世纪初高等教育教学改革项目研究成果

高等学校教材

工 科 化 学 实 验

倪惠琼 蔡会武 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是国家教育部于2000年启动的“21世纪初高等教育教学改革项目”：“工科非化工类专业化学课程体系的改革与完善”的研究成果之一。

本书是一门全新体系的非化工类的基础化学实验，中心思想是将原来分别开设的无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验和物理化学实验等整合为一门课程，以适应工科院校相关专业课程体系和教学内容改革的需要。

实验内容从基本实验操作入手，以物质制备、提纯、性质及其参数测定、组分分析与结构表征为主线，设置了一系列的基本操作实验、基础实验、综合性和设计性实验及计算机仿真实验。所选实验多以环境、生命、生产与人类生活为素材，选编了70个实验，其中8个基本操作实验、45个基础实验、9个综合性、6个设计性实验和2个计算机仿真实验，目的在于强化培养学生的综合素质、创新意识和能力。

本书可作为高等学校非化学、化工类及有关专业的基础化学实验教材，也可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工科化学实验/倪惠琼，蔡会武主编. —北京：化学工业出版社，2006.9

教育部世行贷款21世纪初高等教育教学改革项目研究成果
高等学校教材

ISBN 7-5025-9488-4

I. 工… II. ①倪…②蔡… III. 化学实验-高等学校-教材 IV. O6-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第110811号

教育部世行贷款21世纪初高等教育教学改革项目研究成果
高等学校教材

工科化学实验

倪惠琼 蔡会武 主编

责任编辑：杨 菁

文字编辑：李 玥

责任校对：李 林

封面设计：史利平

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询：(010)64982530

(010)64918013

购书传真：(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本787mm×1092mm 1/16 印张19 字数467千字

2006年10月第1版 2006年10月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-9488-4

定 价：29.80元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

编写人员

主 编 倪惠琼 蔡会武

参编人员 (以姓氏笔画顺序排列)

石建军 张晓梅 倪惠琼

黄若峰 蔡会武

前言

本书是教育部世行贷款新世纪高等教育改革项目“工科非化工类专业化学课程体系的改革与完善”的研究成果之一。

工科化学实验教学在培养学生的实践能力、科学思维方式、创新意识与能力等方面都有重要意义,为适应化学科学的迅速发展,满足培养新世纪人才的需要,本教材从化学学科的整体出发,将原来独立设课的无机化学实验、分析化学实验、有机化学实验和物理化学实验等多门化学实验课程在体系和内容上重组,整合为一门课程,以适应高等院校非化工类工科专业基础化学实验课程教学改革的需要。按照新的实验课程体系,对原四大化学实验内容进行了更新,保留并改造教学效果好的经典实验内容,开发新的实验内容,几经筛选,精选了70个实验,汇编成本教材。

本教材有如下特色。

1. 突破原无机、分析、有机和物化实验课依附理论课程教学的传统框架和原有实验体系,构成相对独立和完整的工科化学实验新体系。

2. 实验内容贯穿一条主线:以基本操作和基础实验为主线,在掌握“双基”的前提下,开发综合性实验和设计性实验。将原无机、分析、有机和物化实验内容整合,将基本操作技术单列一章,同时又贯穿在各个实验项目之中,这样学生既可纵观全貌,又有利于学生强化基本技能的训练。

3. 教材选用了部分与工业生产、人类生活、环境保护、材料学科紧密联系的内容,体现了应用性和趣味性,也反映了现代化学的新进展、新技术,如“4A沸石的制备及钙离子交换能力的测定”、“水中有机污染物的测定”、“冬青油的制备”、“白酒中甲醇含量的测定”、“紫外线固化涂料的制备及性能试验”等。体现了化学在当今社会中的重要地位,激发学生的兴趣和社会责任感。

4. 综合性和设计性实验中,综合性实验有较详细的操作步骤,使学生掌握运用综合基础知识、实验技能和测试方法,培养分析问题和解决问题的能力。设计性实验对学生提出实验要求,提示实验关键和参考文献,要求学生独立设计方案,完成实验。这将有助于培养学生的创新意识和能力。

5. 本教材选用了较前沿的技术、仪器和方法,如电子天平、微波辐射加热技术、紫外分光光度法测水中微量苯酚、计算机在化学实验中的应用以及大型现代分析测试仪器。

本书第一至六、十章和第七章的实验十八、十九、二十二、二十四、四十七及第九章实验六十三至六十五、六十七由倪惠琼编写;第七章第一至四节和实验九至十五、二十、二十一、二十三至三十一及第八章实验五十四、六十一由黄若峰编写;第二章和

第七章实验三十三至四十一及第九章实验六十八由石建军编写；第七章实验十六、十七、三十二、四十二至四十六和第八章实验五十五、六十二由蔡会武编写；第七章第四节和实验四十八至五十三，第八章实验五十六至六十及第九章实验六十六由张晓梅编写；附录一至十七由倪惠琼编写，附录十八由张晓梅编写。全书由倪惠琼统稿。

本教材内容涉及多学科的各种较先进的实验技术，由于编者水平和时间所限，特别是对整个化学的教材体系进行了较大的改革，不妥甚至错误之处在所难免。编者衷心希望读者和专家、教授不吝指正，从而为工科非化工类专业化学课程体系的改革做出应有的贡献。

编 者

2006年5月

目 录

绪论	1
一、化学实验的重要意义	1
二、化学实验教学的目的	1
三、掌握学习方法	1
四、实验报告范例	2
第一章 实验室基本知识	9
第一节 实验室规则	9
第二节 实验室安全与事故处理	10
一、实验室安全守则	10
二、实验室事故的处理	10
三、实验室废液的处理	11
第三节 培养良好的学风	12
第四节 实验注意事项	13
第二章 化学实验中的数据表达与处理	14
第一节 测量误差与有效数字	14
一、误差与偏差	14
二、误差的种类及其产生原因	15
三、提高测量结果准确度的方法	16
四、有效数字及其运算规则	16
第二节 化学实验中的数据表达与可疑数据的取舍	18
一、置信区间与置信度	18
二、平均值的置信区间	18
三、可疑数据的取舍——Q 检验法	19
第三节 实验数据的处理	20
一、列表法	20
二、作图法	20
三、数学方程和计算机数据处理	21
第四节 化学手册及 GB、ISO 简介	24
一、化学手册	24
二、GB 与 ISO 简介	26
三、标准的查询方法	27
四、因特网免费检索资源	27
第三章 常用仪器的使用与基本操作	29

第一节 工科化学实验常用仪器介绍	29
第二节 玻璃仪器的洗涤与干燥	29
一、仪器的洗涤	29
二、仪器的干燥	30
第三节 灯的使用与常用的加热方法	31
一、灯的使用	31
二、加热方法	33
第四节 玻璃管的加工与塞子的钻孔	35
一、玻璃管的简单加工	35
二、塞子的选配与钻孔	36
第五节 化学试剂的种类与取用方法	38
第六节 基本度量仪器的使用	41
一、台秤与分析天平的使用	41
二、固体试样的称取	45
三、基本度量仪器的使用	46
第七节 其它仪器的使用	51
一、温度计的使用	51
二、秒表的使用	54
三、气压计的使用	54
四、比重计的使用	55
五、搅拌和搅拌器的安装与使用	55
第八节 常用的反应装置	57
一、回流冷凝装置	57
二、滴加回流冷凝装置	58
三、回流分水反应装置	58
四、滴加蒸出反应装置	58
第四章 物质的分离和提纯	60
第一节 固体物质的溶解、蒸发、结晶和固液分离	60
一、固体溶解	60
二、液体的蒸发(浓缩)	60
三、结晶(重结晶)与升华	60
四、固液分离	61
第二节 萃取	65
一、基本原理	65
二、液-液萃取分离法	66
三、液-固萃取分离法	67
第三节 蒸馏	67
一、常压蒸馏	67
二、减压蒸馏	70
三、旋转薄膜蒸发器与溶剂的蒸除	73
四、简单分馏	74

五、水蒸气蒸馏	75
第四节 离子交换分离	77
第五节 色谱分离、分析技术	79
一、薄层色谱	79
二、柱色谱	81
三、纸色谱	82
四、气相色谱	82
五、高效液相色谱	85
第五章 基本测量仪器的使用	87
第一节 酸度计的使用	87
一、基本原理	87
二、pHS-2C (A) 型酸度计的结构与安装	88
三、仪器标定	88
四、测量	89
五、仪器的维护	89
第二节 电导率仪的使用	89
一、基本原理	89
二、使用方法	90
第三节 分光光度计的使用	91
一、仪器的基本结构	91
二、721 型分光光度计操作步骤	92
三、注意事项	92
四、722N 型分光光度计的使用	92
第四节 阿贝折射仪的使用	93
一、基本原理	93
二、阿贝折射仪	94
三、阿贝折射仪的使用方法	95
第六章 基本操作实验	97
实验一 仪器的认领、洗涤和干燥	97
实验二 灯的使用、玻璃管及玻璃棒的简单加工	98
实验三 分析天平的称量练习	99
实验四 熔、沸点的测定与温度计的校正	100
实验五 滴定管、容量瓶和移液管的使用与校准练习	105
实验六 硫酸铜的提纯	108
实验七 滴定分析基本操作练习	109
实验八 蒸馏操作练习	111
第七章 基础实验	113
第一节 定性分析概述	113
第二节 常见的化学反应	113
一、s 区常见元素性质	113
二、p 区常见元素性质	113

三、d 区常见元素性质	114
四、ds 区常见元素性质	115
第三节 离子的分离与鉴定	115
一、常见阳离子的鉴定	115
二、常见阴离子的鉴定	119
实验九 氧、硫、氯、溴、碘的性质	120
实验十 p 区金属元素(锡、铅、铋、铊)的性质	122
实验十一 ds 区元素(铜、银、锌、镉、汞)的性质	124
实验十二 常见阳离子的分离与鉴定(I)	125
实验十三 第一过渡系元素(I)(钛、钒、铬、锰)	127
实验十四 第一过渡系元素(II)(铁、钴、镍)	129
实验十五 常见阳离子的分离与鉴定(II)	130
实验十六 氧化还原与电化学	132
实验十七 化学反应速率与活化能	136
实验十八 气体常数的测定	140
实验十九 磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成和稳定常数的测定	142
实验二十 酸碱标准溶液浓度的标定	145
实验二十一 双指示剂法测定混合碱中各组分含量	146
实验二十二 碱灰中总碱度的测定	148
实验二十三 EDTA 标准溶液的标定与水的硬度测定	149
实验二十四 铁铝混合液中铁、铝含量的连续测定	151
实验二十五 高锰酸钾溶液的标定及过氧化氢含量的测定	153
实验二十六 铁矿石中铁含量的测定(重铬酸钾法)	154
实验二十七 硫酸铜中铜含量的测定(碘量法)	156
实验二十八 可溶性硫酸盐中硫的测定(重量法)	158
实验二十九 邻二氮杂菲分光光度法测定铁	159
实验三十 紫外分光光度法测苯酚、对氯苯酚的含量(双波长法)	160
实验三十一 氯化钠与碘化钠混合液中 Cl^- 、 I^- 的连续测定(电势滴定法)	162
实验三十二 水中微量氟的测定	164
实验三十三 燃烧热的测定	167
实验三十四 液体饱和蒸气压的测定	173
实验三十五 恒电位法测定金属阳极极化曲线	176
实验三十六 完全互溶双液系相图——最低恒沸点的测定	184
实验三十七 原电池电动势的测定	187
实验三十八 旋光法测定蔗糖水解反应的速率常数	191
实验三十九 乙酸乙酯皂化反应速率常数的测定	196
实验四十 溶液表面张力的测定——最大气泡法	198
实验四十一 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的制备、净化及聚沉值测定	201
实验四十二 二组分合金相图	203
实验四十三 氨基甲酸铵分解反应平衡常数的测定	207
实验四十四 比表面积测定——溶液吸附法	210

实验四十五 固体在溶液中的吸附	212
实验四十六 凝固点降低法测定摩尔质量	214
实验四十七 醋酸解离度和解离常数的测定	217
(I) pH 法	217
(II) 电导率法	218
第四节 物质的制备	220
一、无机化合物制备的一般步骤	220
二、有机化合物制备的一般步骤	222
实验四十八 环己烯的制备	222
实验四十九 正溴丁烷的制备	223
实验五十 正丁醚制备	225
实验五十一 乙酸乙酯的合成	226
实验五十二 己二酸的制备	227
实验五十三 肉桂酸的制备	229
第八章 综合性实验	231
实验五十四 4A 沸石的制备及钙交换能力的测定	231
实验五十五 碳酸钠的制备与分析	232
实验五十六 从茶叶中提取咖啡因	234
实验五十七 菠菜叶中叶绿素的提取和分离	236
实验五十八 阿司匹林(乙酰水杨酸)的合成及纯度检验	237
实验五十九 双酚 A 的制备	239
实验六十 冬青油的制备	240
实验六十一 白酒中甲醇含量的测定(气相色谱法)	241
实验六十二 差热分析	242
第九章 设计性实验	245
实验六十三 硫酸亚铁铵的制备及 Fe^{3+} 含量的分析	245
实验六十四 氧化还原滴定法测定石灰石中钙含量	247
实验六十五 水的综合分析	247
实验六十六 微波辐射合成酯类化合物	248
实验六十七 紫外线固化涂料的制备及性能试验	249
实验六十八 金属腐蚀速度的测定及缓蚀剂性能评价	251
第十章 计算机仿真实验	254
一、计算机模拟原子轨道和分子轨道	254
二、计算机模拟滴定分析过程	254
三、计算机模拟色谱分析过程	254
四、计算机模拟有机合成实验	255
五、计算机模拟分子设计	255
实验六十九 计算机模拟色谱实验	255
实验七十 计算机模拟紫外-可见分光光度分析	256
附录	259
附录 1 化学实验常用仪器介绍	259

附录 2	不同温度下水的饱和蒸汽压	267
附录 3	一些无机化合物的溶解度	269
附录 4	气体在水中的溶解度	270
附录 5	常见弱酸和弱碱的解离平衡常数	270
附录 6	常见配离子的稳定常数和不稳定常数	271
附录 7	常见难溶和微溶电解质的溶度积常数	272
附录 8	25℃时在水溶液中一些电极的标准电极电势	273
附录 9	常见的指示剂	275
附录 10	常见化合物的相对分子质量	277
附录 11	常用酸、碱的浓度	279
附录 12	常见沉淀物的 pH	280
附录 13	某些试剂溶液的配制	281
附录 14	危险品的分类、性质和管理	282
附录 15	不同温度下水的密度	284
附录 16	国际相对原子质量表	285
附录 17	某些离子和化合物的颜色	286
附录 18	工科化学实验中常用有机化合物的物理常数	289
参考文献		292

绪 论

一、化学实验的重要意义

化学学科发展迅速，在发展过程中为相关学科的发展提供了物质基础，可以说化学已成为众多学科中的一门中心科学。

化学离不开实验，化学实验的重要性主要表现在三个方面。①化学实验是化学理论产生的基础，化学的规律和成果建筑在实验成果之上。②化学实验也是检验化学理论正确与否的唯一标准。例如“分子设计”化学合成，其方案是否可行，最终将由实验来检验，并通过实验技术来完成。③化学学科发展的最终目的是发展生产力。据估计，21世纪，化学化工产品在国际市场上将成为仅次于电子产品的第二大类产品，而化学实验正是化学学科与生产力发展的基本点。

化学学科已发生巨大变化，其中实验化学发展迅速，成果惊人。至20世纪末化合物总量已达1100多万种，而且化合物的合成已达分子设计的水平。实验测量的技术精度空前提高，空间分辨率可达 0.1nm (10^{-10}m)；时间分辨率可达 10^{-15}s ；测定物质的浓度只需要 $10^{-10}\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。今天，化学家不仅研究地球重力场作用下发生的化学过程，而目已开始系统研究物质在磁场、电场和光能、力能以及声能作用下的化学反应；在高温、高压、高纯、高真空、无氧无水等条件下研究在太空失重和强辐射、高真空情况下的化学反应过程。因此化学实验推动着化学学科乃至相关学科飞速发展。

二、化学实验教学的目的

实验教学是实施全面教育的有效形式。强调实验教学，是因为实验教学在化学教学方面起着课堂讲授不能代替的特殊作用。通过实验教学，不仅要传授化学知识，更重要的是培养学生的能力和优良的素质，掌握基本的操作技能、实验技术，培养分析问题、解决问题的能力，养成严谨、实事求是的科学态度，树立勇于开拓的创新意识。

学生通过系统地学习本教材，可以逐渐熟悉化学实验的基本知识及基本操作技能，获得大量物质变化的感性认识。通过学习元素及其化合物的重要性质和反应实验，掌握化合物的一般分离、制备、成分分析和有关物理常数测定的方法；加深对化学基本原理和基础知识的理解和掌握，从而养成独立思考、独立准备和进行实验的实践能力。培养细致地观察和记录现象，归纳、总结、正确地处理数据和分析实验结果，以及用语言表达实验结果的能力。

三、掌握学习方法

学习方法大致可分为以下三个步骤。

1. 预习

为了使实验能够获得良好的效果，实验前必须进行预习。

(1) 阅读实验教材、教科书和参考资料中的有关内容。

(2) 明确本实验的目的。

(3) 了解实验的内容、步骤、操作过程和实验注意事项及安全知识、操作技能和实验现象。

(4) 在预习的基础上,写好预习报告。

若学生预习不够充分,教师可让学生停止实验,要求在了解实验内容之后再进行实验。

2. 实验

根据实验教材上所规定的方法、步骤和试剂用量进行操作,并应该做到下列几点。

(1) 认真操作,细心观察现象,并及时、如实地做好详细记录。

(2) 如果发现实验现象和理论不符合,应首先尊重实验事实,并认真分析和检查其原因,也可以做对照试验、空白试验或自行设计的实验来核对,必要时应多次重做验证,从中得到有益的科学结论和学习科学思维的方法。

(3) 实验过程中应勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题。但遇到疑难问题而自己难以解决时,可请指导教师指点。

(4) 在实验过程中应保持安静,讨论时声音要小,严格遵守实验室工作规则。

3. 实验报告

实验完毕对实验现象进行解释并作出结论,或根据实验数据进行处理和计算,独立完成实验报告,交指导教师审阅。若实验现象、解释、结论、数据、计算等不符合要求或实验报告写得草率,应重做实验或重写报告。

书写实验报告应字迹端正,简明扼要,整齐清洁。

下面举出几种不同类型的实验报告格式,以供参考。

四、实验报告范例

实验结束后,完成实验报告的过程是对实验的提炼、归纳和总结的过程,能进一步消化所学的知识,培养分析问题的能力。因此,要重视实验报告的书写。

实验报告一般应包括:实验名称、实验日期、实验原理、简要步骤、实验现象和数据、数据处理和实验结果、讨论等内容。根据具体的实验项目,报告格式略有变化,下面给出了一些常规实验报告及实验记录的格式范例。

(一) 定量分析

实验 分析天平的称量练习

实验课程名称: _____ 日期: _____ 成绩: _____

开课院系及实验室: _____ 室温: _____ 气压: _____

实验者姓名: _____ 所在专业及班级: _____

一、实验目的

1. 了解分析天平的构造,学会正确的称量方法。
2. 初步掌握减量法的称样方法。
3. 了解在称量中如何运用有效数字。
4. 学习实验数据的记录格式。

二、实验原理(简述)

天平工作原理是根据杠杆原理设计而成的。天平种类较多,双盘天平利用的是等臂杠杆原理。

三、实验步骤(略)

四、数据记录

记录项目	I	II	III
(称量瓶+试样)的质量(倒出前)/g	$m_1 = 17.6549$	$m_2 = 17.3338$	$m_3 = 16.9823$
(称量瓶+试样)的质量(倒出后)/g	$m_2 = 17.3338$	$m_3 = 16.9823$	$m_4 = 16.6511$
称出试样的质量(称量瓶倒出的量)/g	0.3211	0.3515	0.3312
(烧杯+称出试样)的质量/g	$m_5 = 28.5730$	$m_6 = 27.7175$	$m_7 = 20.0638$
空烧杯的质量/g	28.2516	27.3658	19.7328
称出试样的质量(倒入烧杯的量)/g	0.3214	0.3517	0.3310
绝对差值/g	0.0003	0.0002	-0.0002

五、结果与讨论

讨论内容可以是实验中发现的问题,情况记要,误差分析,经验体会,心得体会;也可以对教师或实验室提出意见和建议等。

(二) 化合物性质

实验 p 区金属(锡、铅、铋、铊)

实验课程名称: _____ 日期: _____ 成绩: _____

开课院系及实验室: _____ 室温: _____ 气压: _____

实验者姓名: _____ 所在专业及班级: _____

一、实验目的

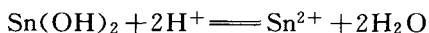
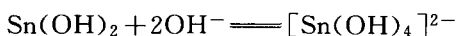
1. 试验并比较锡、铅、铋、铊的氢氧化物的酸碱性。
2. 试验并比较锡、铅、铋、铊氧化物的氧化性。
3. 试验并比较锡、铅、铋、铊硫化物和硫代酸盐的溶解性和化学性质。

二、实验内容(根据实验内容自行设计表格)

1. 试验并比较氢氧化物的酸碱性

记录项目	Sn^{2+}	Pb^{2+}	Sb^{3+}	Bi^{3+}
盐+稀 NaOH 溶液(现象)	白色沉淀			
氢氧化物	+浓 NaOH(现象)	沉淀溶解		
	+稀酸(现象)	沉淀溶解		
结论	Sn^{2+} 具有两性			

现象解释和反应方程式: $\text{Sn}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Sn}(\text{OH})_2 \downarrow$



如试验过氧化氢的氧化性:

10 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KI + 2 滴 $3 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ $\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{滴加 } 3\% \text{ H}_2\text{O}_2} [\text{黄色溶液}] \xrightarrow{1 \text{ 滴淀粉}} [\text{深蓝色溶液}]$

解释: $2\text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 碘遇淀粉变蓝。

2. 试验并比较锡、铅、铋、铊氧化物的氧化性(可仿上表自行设计)

三、结果与讨论

讨论内容可以是实验中发现的问题,情况记要,误差分析,经验体会,心得体会;也可以对教师或实验室提出意见和建议等。

(三) 化合物制备

实验 正溴丁烷的制备

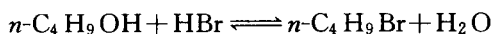
实验课程名称: _____ 日期: _____ 成绩: _____
 开课院系及实验室: _____ 室温: _____ 气压: _____
 实验者姓名: _____ 所在专业及班级: _____

一、实验目的

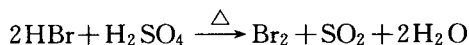
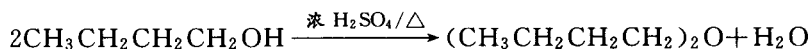
1. 学习从醇制备溴代烷的原理和方法。
2. 学习回流装置、尾气吸收装置和蒸馏装置的安装和使用。
3. 学习分液漏斗的使用方法。

二、实验原理(简述)

主反应: $\text{NaBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{HBr} + \text{NaHSO}_4$



副反应: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \xrightarrow{\text{浓 H}_2\text{SO}_4/\Delta} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O}$



三、实验主要仪器及药品

仪器: 50mL 圆底烧瓶, 球形冷凝管, 直形冷凝管, 蒸馏头, 75°弯管, 尾接管, 分液漏斗, 温度计(200℃)等。

药品用量及相关计算:

名 称	实验用量	理论用量	过 量	理论产量
正丁醇(A. R.)	6.2mL(5g/0.068mol)			
NaBr(A. R.)	8.3g(0.08mol)	0.068mol	17%	
浓硫酸(98%)	10mL(0.18mol)	0.068mol	164%	
$n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Br}$		0.068mol		9.3g

有关物理常数:

名 称	相对分子质量	相对密度	熔 点 /℃	沸 点 /℃	溶解度 /g · (100 溶剂) ⁻¹
正丁醇	74	0.8064	-89.53	117.25	水中 9(15℃)
溴化钠	103				水中 79.5(0℃)
硫酸	98	1.83	10.38	340(分解)	水中∞
正溴丁烷	137	1.299	-112.4	101.6	水中 0.061(30℃)
硫酸氢钠	120				水中 50(0℃), 100(100℃)
丁醚	130				水中
1-丁烯	56	0.5951	-185.35	-6.3	不溶于水, 易溶于乙醇

四、反应装置图 (图 0.1 和图 0.2)

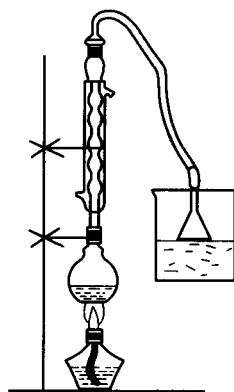


图 0.1 实验反应装置

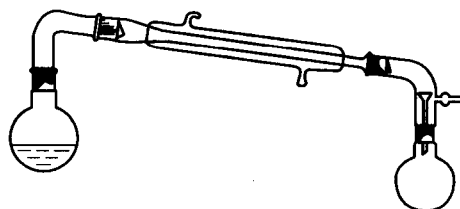


图 0.2 粗蒸馏装置

五、实验步骤流程 (图 0.3)

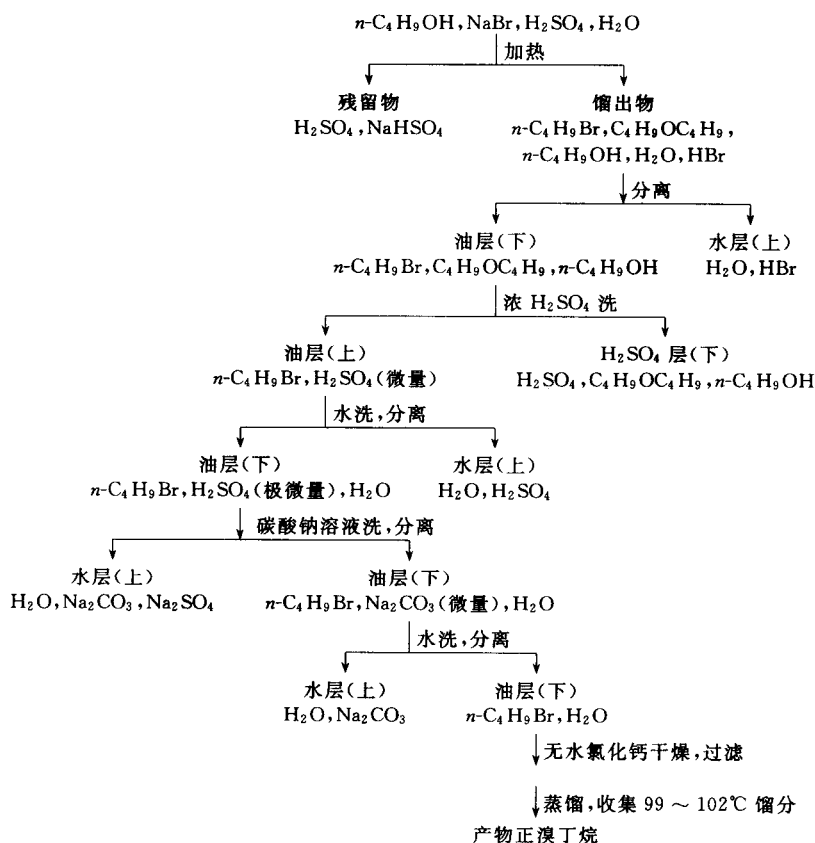


图 0.3 实验步骤流程

六、产物外观及产率计算

正溴丁烷无色透明液体，沸程 99~101℃，产量 6.5g，产率 70%。

七、结果与讨论

本次实验的产物产量和质量基本合格。加浓硫酸洗涤时发热，表明粗产物中丁醚、正丁