

有机化学实验与指导

主 编：罗一鸣 唐瑞仁
副主编：陈国辉 王微宏
编 委：蒋金芝 钟世安 李芬芳 蒋新宇
梁文杰 王蔚玲 彭红建
詹国平 刘丰良 唐新村
江文辉 周兰嵩 刘 扬

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验与指导/罗一鸣,唐瑞仁主编. —长沙:
中南大学出版社,2005. 8
ISBN 7-81105-121-4

有 罗 ... 唐有机化学 - 化学
实验 - 基本知识 062 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 094301 号

有机化学实验与指导

主编 罗一鸣 唐瑞仁

责任编辑 李宗柏

责任印制 汤庶平

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482

印 装 长沙理工大印刷厂

开 本 730×960 1/16 印张 19 字数 334 千字

版 次 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7 - 81105 - 121 - 4/ O · 002

定 价 25.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

有机化学实验课是化学、应用化学、化学工程与工艺、生命科学、环境科学、药学、矿冶、材料科学等多学科的学生必修课程之一，它很强的实践性和它在创新型人才培养中的地位和作用是有机化学理论课所不能替代的。

随着有机化学实验技术的不断发展，现代分析方法在有机化学领域的广泛应用，有机化学实验教学内容、实验方法和手段的不断更新，特别是社会对人才培养的要求越来越高，原有的有机化学实验教材已远远不能满足和适应新世纪人才培养的需要。因此，我们根据教育部关于化学、应用化学、化工、医学、药学、冶金和材料等专业“有机化学”教学大纲中对“有机化学实验”部分的要求和教育部对国家级化学实验教学示范中心建设内容中对有机化学实验课的基本要求编写了本实验指导书。在编写过程中参考了国内外出版的同类教材，吸收了我校近年来有机化学实验教学和教改的经验和成果，还充分考虑了当前我国普通高等院基础课教学现状和不同学科专业对“有机化学实验”的不同要求，对教学内容进行了“精选”、“整合”和“创新”，强调对学生的动手能力、创新思维、科学素养等综合素质的全面培养。

本书共有七章：

第一章，有机化学实验的一般知识，较为系统和详细地介绍了必需的有机化学实验和进行有机化学研究的基本知识。

第二章，有机化学实验基本操作，其中对近代有机化合物的分离、分析、鉴定手段做了较详细的介绍。

第三章，有机化合物的基本合成实验，这是本书的核心部分，在内容选择上，以典型有机反应为基础，融入一些应用及影响面广、内容较新的反应及新的合成方法。同一制备实验，有的给出了不同的制备方法。

第四章，天然物的提取与分离。

第五章，有机化合物的定性鉴定，这部分做了较大的压缩。

第六章，综合及应用实验，这部分在取材上突出了综合训练和应用性，兼顾医药、农药、精细化工、生命科学、材料等专业的教学需要。对多步反应的综合实验，有些是作为独立的实验给出，便于选做。

第七章，设计实验，给出了不同层次的 10 个题目，给出了实验要点或思

路，并附上相关文献，让学生自己设计、拟定具体实验步骤，经与老师讨论后，进行实验。希望通过这些设计实验，培养学生初步的科研能力和创新能力。这些设计实验也可以作为开放性实验供学生选用。

附录部分，列出了与有机化学实验相关的必要资料、数据和常数以及常用试剂的配制与常用溶剂的纯化等。

本书在编写时注意突出以下几点：

(1)对实验基本操作的要点作了较为详尽的介绍和指导，强调基本操作的规范性，注重方法论。为了加强对基本操作的严格训练，加深学生对操作原理和操作要点的理解，本书对不同的基本操作均编写了相应实验，以便根据不同教学情况，单独进行基本操作训练或将基本训练安排在合成实验或提取实验中进行；

(2)增加了综合性实验和设计性实验以培养学生独立分析问题、解决问题的和创新的能力。

(3)本书在继承本校原有实验教材的工科特色外，考虑生命科学的快速发展，在内容上加强了与生命科学有关的有机化学基本操作技能的训练；在增加红外光谱、核磁共振和色谱技术在有机化合物分离与结构测定中的应用内容的同时，仍然保留有机化合物定性鉴定的内容，因为一些化学分析方法可以在极方便的条件下，对疑难分析能迅速提供有用的信息，作为仪器分析研究的补充。因此本书具有较为广泛的适用范围，可作为化学、化工、生命科学与医学、环境科学、药学、矿冶、材料科学等专业的有机化学实验教材。也可以作为从事化学及其他相关专业工作者的参考书。

本实验教材是我校多年来实验教学改革与实践经验的总结。由罗一鸣、唐瑞仁任主编，陈国辉、王微宏任副主编。罗一鸣负责全书的统稿和审定。蒋金芝、钟世安、李芬芳、蒋新宇、梁文杰、王蔚玲、彭红建、詹国平、刘丰良、唐新村、江文辉、周兰嵩、刘扬等十多位从事有机化学实验教学的老师参加了本书编写工作，各实验的具体负责编写者均列入该实验内容之后。本书的编写得到了中南大学教务处、化学化工学院和中南大学出版社领导和同行的关心和支持，在此表示诚挚的谢意！

由于编者水平有限，恳请读者对本书的错误和不当之处批评指正。

编者
2005年6月

目 录

| | |
|---------------------------|-------|
| 第一章 有机化学实验的一般知识..... | (1) |
| 1.1 有机化学实验规则 | (1) |
| 1.2 有机化学实验室的安全 | (2) |
| 1.3 实验预习、记录和实验报告..... | (6) |
| 1.4 有机化学实验常用的玻璃仪器和设备..... | (11) |
| 1.5 加热和冷却..... | (22) |
| 1.6 有机化合物的干燥..... | (25) |
| 1.7 无水无氧操作技术..... | (31) |
| 1.8 有机化学文献简介..... | (37) |
| 第二章 有机化学实验的基本操作 | (47) |
| 2.1 有机化合物的分离与提纯..... | (47) |
| 实验 1 常压蒸馏 | (47) |
| 实验 2 减压蒸馏 | (51) |
| 实验 3 水蒸气蒸馏 | (57) |
| 实验 4 分馏 | (61) |
| 实验 5 萃取 | (66) |
| 实验 6 重结晶 | (73) |
| 实验 7 升华 | (82) |
| 实验 8 柱色谱 | (86) |
| 实验 9 薄层色谱 | (91) |
| 实验 10 纸色谱 | (96) |
| 实验 11 气相色谱和高效液相色谱 | (100) |
| 实验 12 电泳 | (104) |
| 2.2 有机化合物物理常数的测定 | (111) |
| 实验 13 熔点测定和温度计校正 | (111) |
| 实验 14 沸点的测定 | (120) |

| | | |
|-------|---------------------------------|-------|
| 实验 15 | 折光率的测定 | (123) |
| 实验 16 | 旋光度的测定 | (129) |
| 实验 17 | - 苯乙胺外消旋体的拆分 | (132) |
| 2.3 | 光谱法鉴定有机化合物结构 | (135) |
| 2.3.1 | 红外光谱 | (136) |
| 2.3.2 | 核磁共振(NMR) | (142) |
| 第三章 | 有机化合物基本合成实验..... | (147) |
| 实验 18 | 环己烯的制备 | (147) |
| 实验 19 | 正溴丁烷的制备 | (149) |
| 实验 20 | 正丁醚的制备 | (151) |
| 实验 21 | 2 - 甲基 - 2 - 己醇的制备 | (153) |
| 实验 22 | 乙酰苯胺的制备 | (156) |
| 实验 23 | 乙酰水杨酸的制备 | (158) |
| 实验 24 | 乙酸正丁酯的制备 | (160) |
| 实验 25 | 苯甲酸乙酯的制备 | (162) |
| 实验 26 | 乙酰乙酸乙酯的制备 | (164) |
| 实验 27 | 邻硝基苯酚和对硝基苯酚的制备 | (166) |
| 实验 28 | 2 - 硝基 - 1,3 - 苯二酚的制备 | (168) |
| 实验 29 | 亚苄基乙酰苯的制备 | (171) |
| 实验 30 | 呋喃甲醇和呋喃甲酸的制备 | (172) |
| 实验 31 | 甲基橙的制备 | (175) |
| 实验 32 | 二苯甲酮的制备 | (177) |
| 实验 33 | 肉桂酸的制备 | (179) |
| 实验 34 | 对硝基苯甲酸的制备 | (181) |
| 实验 35 | 樟脑的还原反应 | (183) |
| 实验 36 | 环己酮肟的贝克曼重排 | (185) |
| 实验 37 | (+) - (S) - 3 - 羟基丁酸乙酯的制备 | (187) |
| 实验 38 | 室温固相反应制备丁二酮肟合镍() | (189) |
| 第四章 | 天然有机物的提取及分离..... | (191) |
| 实验 39 | 从茶叶中提取咖啡因 | (192) |
| 实验 40 | 绿色植物色素的提取及色谱分离 | (195) |

| | | |
|-------|---|-------|
| 实验 41 | 银杏叶中黄酮类有效成分的提取 | (198) |
| 实验 42 | 从牛乳中分离提取酪蛋白和乳糖 | (200) |
| 实验 43 | 卵磷脂的提取及其组成鉴定 | (203) |
| 第五章 | 有机化合物的定性鉴定 | (206) |
| 实验 44 | 钠熔法鉴定氮、硫、和卤素 | (206) |
| 实验 45 | 卤代烃、醇、酚、醛、酮的鉴定 | (211) |
| 实验 46 | 胺类和羧酸衍生物的鉴定 | (216) |
| 实验 47 | 糖类、氨基酸和蛋白质的鉴定 | (219) |
| 实验 48 | 分子模型操作 | (224) |
| 第六章 | 综合与应用实验 | (229) |
| 实验 49 | 对叔丁基苯的制备 | (229) |
| (一) | 叔丁基氯的制备 | (229) |
| (二) | 对叔丁基苯的制备 | (231) |
| 实验 50 | 磺胺药物 - 对氨基苯磺酰胺的制备 | (233) |
| (一) | 乙酰苯胺的制备 | (234) |
| (二) | 对氨基苯磺酰胺的制备 | (234) |
| 实验 51 | 安息香缩合及安息香的转化 | (237) |
| (一) | 安息香的辅酶合成法 | (240) |
| (二) | 二苯乙二酮的制备 | (242) |
| (三) | 二苯乙醇酸的制备 | (243) |
| (四) | 二苯基羟基乙酸交酯的制备 | (245) |
| (五) | 内消旋 - 1,2 - 二苯基 - 1,2 - 乙二醇的制备 | (247) |
| (六) | 内消旋 - 2,2 - 二甲基 - 4,5 - 二苯基 - 1,3 - 二氧杂环 戊烷的制备 | (248) |
| 实验 52 | 苯频哪醇和苯频哪酮的制备 | (250) |
| (一) | 苯频哪醇的制备 | (250) |
| (二) | 苯频哪酮的制备 | (253) |
| 实验 53 | 葡萄糖酸锌的制备 | (254) |
| 实验 54 | 香豆素的制备 | (256) |
| 实验 55 | 2,4 - 二氯苯氧乙酸丁酯的制备 | (258) |

| | |
|--|-------|
| 第七章 设计性实验..... | (262) |
| (一) 吡啶 - 3 - 甲醛 | (262) |
| (二) (+) - 甘油缩丙酮..... | (262) |
| (三) 依达拉奉..... | (263) |
| (四) 甘氨酸甘氨酸..... | (263) |
| (五) 电化学合成氢化肉桂酸..... | (264) |
| (六) 微波干介质合成茉莉醛..... | (264) |
| (七) 正丁基锂的制备 | (265) |
| (八) 苯巴比妥..... | (265) |
| (九) 6,7 - 二甲氧基 - 3,4 - 二氢萘甲酸乙酯的合成..... | (266) |
| (十) 混合物的分离提纯..... | (267) |
| 附录..... | (268) |
| 附录 1 常用元素相对原子质量表 | (268) |
| 附录 2 常用有机溶剂的沸点及相对密度表 | (268) |
| 附录 3 有机化学文献和手册中常见的英文缩写 | (269) |
| 附录 4 有机化学实验常用名词术语英汉对照表 | (270) |
| 附录 5 部分二元及三元共沸混合物的性质 | (271) |
| 附录 6 常用酸碱溶液的相对密度及质量分数表 | (273) |
| 附录 7 一些特殊试剂的配制 | (276) |
| 附录 8 常用溶剂和特殊试剂的纯化 | (278) |
| 附录 9 危险化学试剂的使用知识 | (287) |
| 主要参考书目..... | (293) |

第一章 有机化学实验的一般知识

1.1 有机化学实验规则

有机化学实验教学的目的是训练学生进行有机化学实验的基本技能和基础知识，验证有机化学中所学的理论，培养学生正确选择有机化合物的合成、分离与鉴定的方法以及分析和解决实验中所遇到问题的思维和动手能力。同时它也是培养学生理论联系实际，实事求是、严谨的科学态度，良好的工作习惯和创新能力的的一个重要环节。为了保证有机化学实验课正常、有效、安全地进行，保证实验课的教学质量，学生必须遵守下列规则：

1. 在进入有机实验室之前，必须认真阅读本章有关内容，了解进入实验室后应注意的事项及有关规定。每次做实验前，认真预习，了解实验目的、原理、合成路线及实验过程中可能出现的问题，写出预习报告并查阅有关化合物的物理化学性质。没有达到预习要求者，不得进行实验。实验结果不好可申请重做。

2. 常用仪器放入柜中，临时性增补仪器放在台面，各班同学轮流使用。每次实验前后要检查清点，如有缺少或破损应立即报告老师申请补发或更换，共同维护一套完整的仪器。

3. 熟悉实验室水、电、燃气阀门和消防器材的位置、使用方法，掌握防火、防毒、防爆急救知识。

4. 实验中严格按操作规程进行，如要改变，必须经指导老师同意。操作前，弄清每一步操作的目的、意义和实验中的关键步骤及难点，了解所用药品的性质及应注意的安全问题。

5. 实验中要认真观察实验现象，如实做好记录，不得任意修改、伪造或抄袭他人实验结果。实验完成后，需将实验记录交指导老师审阅、签字，若是合成实验，还需将产品交老师验收，并将产品回收统一保管。课后，按时提交符合要求的实验报告。

6. 随时保持实验台面的整洁和干燥，不是立即要用的仪器，应保存在柜内。需要放在台面上的仪器也应摆放得整齐有序。合理布局实验台面上的仪器

装置(高的仪器或装置尽量置于实验台的远端,矮小仪器可放在近端),做到有条不紊。书包应放妥,不得放在台面上。

7. 不能穿拖鞋、背心等暴露过多的服装进入实验室。实验过程中不得喧哗,不得擅自离开实验室。实验室内不能吸烟和吃东西。一切实验药品均不得入口。实验结束,应仔细洗手。

8. 公用仪器用完后,应放回原处,并保持原样;药品取完后,及时将盖子盖好,保持药品台清洁。液体样品一般在通风橱中量取,固体样品一般在称量台上称取。

9. 爱护仪器,节约药品,节约使用水、电、燃气。若损坏仪器、设备,应如实说明情况,并按规定酌情赔偿。实验仪器和药品不得私自带出实验室。

10. 用过的酸碱应倒入指定的废液缸内,不得倒入水槽中。固体废物(如沸石、棉花、滤纸等)也不允许丢入水槽中或地面上,应放在实验台一固定处,实验完后一起清除丢入废物缸中。严防水银及毒物污染实验室,如发生意外事故应及时报告,在教师指导下采取应急措施,妥善处理。

11. 实验结束后,应将个人实验台面打扫干净,将仪器洗净,挂、放好,拔掉电源插头。请指导老师检查认可后方可离开实验室。

12. 轮流值日,其职责是整理公用仪器、药品;清理桌面;扫地、拖地;清理水槽;清倒废物缸等,并协助管理人员检查水、电、气、窗是否关妥。值日生做完值日后应报告老师,经老师检查达到要求后,方可离开实验室。

1.2 有机化学实验室的安全

在实验中我们经常使用有机试剂和溶剂,这些物质大多数都易燃、易爆,而且具有一定的毒性。虽然我们在选择实验时,尽量选用低毒性的溶剂和试剂,但是当大量使用时,对人体也会造成一定伤害,因此,防火、防爆、防中毒已成为有机实验中的重要问题。此外,还应注意安全用电,防止割伤和灼伤事故的发生。

1.2.1 防火

引起着火的原因很多,如用敞口容器加热低沸点的溶剂、加热方法不正确等,均可引起着火。为了防止着火,实验中应注意以下几点:

1. 不能用敞口容器加热和放置易燃、易挥发的化学药品。应根据实验要求和物质的特性,选择正确的加热方法。如对沸点低于 80 的液体,在蒸馏

时,应采用水浴,不能直接加热。

2. 尽量防止或减少易燃物气体的外逸。处理和使用易燃物时,应远离明火,注意室内通风,及时将蒸气排出。

3. 易燃、易挥发的废物,不得倒入废液缸和垃圾桶中。量大时,应专门回收处理;量小时,可倒入水池用水冲走,但与水发生猛烈反应者除外,金属钠残渣要用乙醇销毁。

4. 实验室不得存放大量易燃、易挥发的物质。

5. 有煤气的实验室,应经常检查管道和阀门是否漏气。

6. 一旦发生着火,应沉着镇静地及时采取正确措施,控制事故的扩大。首先,应立即切断电源,移走易燃物。然后,根据易燃物的性质和火势采取适当的方法进行扑救。有机物着火通常不用水进行扑救,因为一般有机物不溶于水或遇水可发生更强烈的反应而引起更大的事故,故小火可用湿布或石棉布盖熄,火势较大时,应用灭火器扑救。

常用灭火器有二氧化碳、四氯化碳、干粉及泡沫灭火器等。

目前实验室中常用的是干粉灭火器。使用时,拔出销钉,将出口对准着火点,将上手柄压下,干粉即可喷出。

二氧化碳灭火器也是有机实验室中常用的灭火器。灭火器内存放着压缩的二氧化碳气体,适用于油脂、电器及较贵重仪器着火时使用。

虽然四氯化碳和泡沫灭火器都具有较好的灭火性能,但四氯化碳在高温下能生成剧毒的光气,而且与金属钠接触会发生爆炸;泡沫灭火器会喷出大量的泡沫而造成严重污染,给后处理带来麻烦,因此,这两种灭火器一般不用。不管采用哪一种灭火器,都是从火的周围开始向中心扑灭。

地面或桌面着火时,如火势不大,可用淋湿的抹布或砂子扑救,但容器内着火则不宜使用砂子扑救,可用石棉板盖住瓶口,火即熄灭;身上着火时,用石棉布把着火部位包起来,或就近在地上打滚(速度不要太快)将火焰扑灭,千万不要在实验室内乱跑,以免造成更大的火灾。

1.2.2 防 爆

在有机化学实验室中,发生爆炸事故一般有两种情况:

1. 某些化合物容易发生爆炸,如过氧化物、芳香族多硝基化合物等,在受热或受到碰撞时,均会发生爆炸,含过氧化物的乙醚在蒸馏时,也有爆炸的危险。乙醇和浓硝酸混合在一起,会引起极强烈的爆炸,

2. 仪器安装不正确或操作不当时,也可能引起爆炸。如进行蒸馏或反应

时实验装置被堵塞，减压蒸馏时使用不耐压的仪器等。

为防止爆炸事故的发生，应注意以下几点：

- (1) 使用易燃易爆物品时，要特别小心，应严格按操作规程进行。
- (2) 反应过于猛烈时，应适当控制加料速度和反应温度，必要时采取冷却措施，
- (3) 在用玻璃仪器组装实验装置之前，要先检查玻璃仪器是否有破损。
- (4) 常压操作时，不能在密闭体系内进行加热或反应，要经常检查反应装置是否被堵塞。如发现堵塞应停止加热或反应，将堵塞排除后再继续加热或反应。
- (5) 减压蒸馏时，不能用平底烧瓶、锥形瓶、薄壁试管等不耐压容器作为接收瓶或反应瓶。
- (6) 无论是常压蒸馏还是减压蒸馏，均不能将液体蒸干，以免局部过热或产生过氧化物而发生爆炸。
- (7) 必要时可设置防爆屏。

1.2.3 防中毒

化学药品大都具有不同程度的毒性。中毒主要是通过呼吸道和皮肤接触有毒物品而进入人体造成危害。因此预防中毒应做到：

1. 称量药品时应使用工具，不得直接用手接触药品，尤其是毒品。做完实验后，应洗净手后再吃东西。任何药品都不能用嘴尝。
2. 使用和处理有毒或腐蚀性物质时，应在通风柜中进行或装上气体吸收装置，并戴好防护用品。尽可能避免蒸气外逸，以防造成污染。
3. 如发生中毒现象，应让中毒者及时离开现场，到通风好的地方，严重者应及时送往医院。

1.2.4 防灼伤

皮肤接触高温物体或低温物质如固体二氧化碳(干冰)、液氮及腐蚀性物质如强酸、强碱、溴等后均可能被灼伤。因此，在接触这些物质时，最好戴上橡胶手套和防护眼镜以免发生灼伤事故。发生灼伤时应按下列要求处理：

1. 被碱灼伤时，先用大量的水冲洗，再用 1% ~ 2% 的乙酸或硼酸溶液冲洗，然后再用水冲洗，最后涂上烫伤膏。
2. 被酸灼伤时，先用大量的水冲洗，然后用 1% 的碳酸氢钠溶液清洗，最后涂上烫伤膏。

3. 被溴灼伤时，应立即用大量的水冲洗，再用酒精擦洗或用 2% 的硫代硫酸钠溶液洗至灼伤处呈白色，然后涂上甘油或鱼肝油软膏加以按摩。

4. 被热水或被灼热的玻璃器皿烫伤后一般在患处涂上红花油，然后擦一些烫伤膏。

5. 以上这些物质一旦溅入眼睛中，应立即用大量的水冲洗，并及时去医院治疗。

1.2.5 防割伤

有机实验常使用玻璃仪器。使用时，最基本的原则是：不能对玻璃仪器的任何部位施加过度的压力。

1. 需要用玻璃管和塞子连接装置时，用力处不要离塞子太远，如图 1 - 1 中(a)和(c)所示。图 1 - 1 中(b)和(d)的操作是不正确的。尤其是插入温度计时，要特别小心。

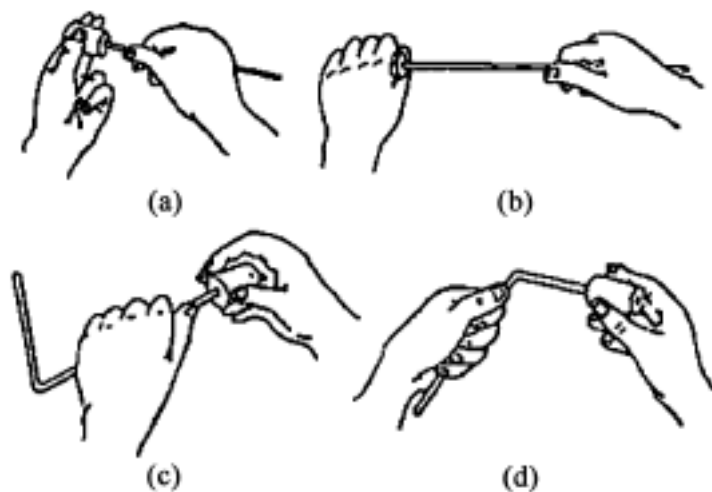


图 1 - 1 玻璃管的插入

2. 新割断的玻璃管断口处特别锋利，使用时，要将断口处用火烧熔以消除棱角。发生割伤后，应将伤口处的玻璃碎片取出，再用生理盐水将伤口洗净，涂上红药水，用纱布包好伤口。若割破静(动)脉血管，流血不止时，应先止血。具体方法是：在伤口上方约 5 ~ 10 cm 处用绷带扎紧或用双手掐住，然后再进行处理或送往医院。

1.2.6 安全用电

进入实验室后，首先应了解水、电、气的开关位置在何处，而且要正确掌

握它们的使用方法，在实验中，应先将电器设备上的插头与插座连接好后，再打开电源开关，不能用湿手或手握湿物去插或拔插头，使用电器前，应检查线路连接是否正确，电器内外要保持干燥，不能有水或其他溶剂。实验完毕后，应先关掉电源，再去拔插头。

1.2.7 急救药品

实验室应备有一些急救药品，如生理盐水、医用酒精、红药水、烫伤膏、1% ~ 2% 的乙酸或硼酸溶液、1% 的碳酸氢钠溶液、2% 的硫代硫酸钠溶液、甘油、止血粉、龙胆紫、凡士林等。还应准备镊子、剪刀、纱布、药棉、绷带等急救用具。

1.3 实验预习、记录和实验报告

1.3.1 实验预习

实验预习是有机化学实验的重要环节，对保证实验的成功起着关键的作用。为避免照方抓药，依葫芦画瓢，要求学生必须认真做好实验预习。教师可拒绝那些未进行预习的学生进行实验。预习时可参考以下项目做实验预习报告。

1. 实验名称、实验目的和要求，实验原理和反应式(主要反应和副反应)。
2. 主要试剂及产物的物理常数：相对分子质量、性状、密度、熔点、沸点、溶解度及折射率(查手册或辞典)。主要试剂的用量、溶液浓度和配制方法。计算出产物的理论产量。
3. 所用仪器的种类和型号、大小，仪器装置草图。
4. 简要操作步骤。应根据实验内容写成简单明了的实验步骤(不是照抄实验内容!)步骤中的文字可用符号简化，如试剂名称用分子式代替，“克”、“加热”、“沉淀”、“气体逸出”可分别用符号 g、 Δ 、 \downarrow 、 \uparrow 代表。仪器可以用示意图代之。
5. 合成实验，应列出粗产物纯化过程及原理，明确各步操作的目的是和要求。
6. 对于实验中可能出现的问题(包括安全问题和实验结果)，要写出防范措施和解决办法。

在预习报告中已经涉及到的内容，实验过程中会有进一步的认识和更新。

可将实验记录本每页分成两部分，左边写预习内容，相应栏目的右边则写实验中更新的认识和补充，以及观察到的实验现象。各栏目要用永久性墨水记录，记录本的每页须注明日期、页码等。

1.3.2 实验记录

实验是培养学生科学素养的主要途径之一，实验中要做到操作认真，观察仔细，思考积极，如实记录，记录内容除实验名称、日期、同组者、气温、气压等基本信息外，还包括所用物料的名称、数量、规格和浓度、实验开始时间、所观察到的实验现象(如反应温度的变化，颜色变化，反应是否放热，是否有结晶或沉淀产生)、产物的性状(如色泽、晶形等)及测得的各种数据(熔点、沸点，折光率，重量)。特别是那些与预期不一致的现象更应给予特别注意，因为这对正确解释实验结果将会有很大帮助。

记录要做到简单明了，真实可靠(不得想象和推测)，字迹要清晰。实验结束后，学生应将实验记录和产物(贴有标签)交给教师检查。

1.3.3 实验报告

实验操作完成之后，必须对实验进行总结，即讨论观察到的实验现象，分析出现的问题，整理归纳实验数据等。这是把各种实验现象提高到理性认识的必要步骤。在实验报告中，还应完成指定的思考题或提出改进本实验的建议等。下面介绍不同类型实验报告的一般书写格式。

基本操作实验报告

实验名称 _____

1. 实验目的要求
2. 原理和意义
3. 仪器和装置图
4. 主要试剂
5. 操作步骤及现象
6. 结果与讨论
7. 思考题解答

性质实验报告

实验名称_____

1. 目的要求
2. 项目、现象和解释

| 项目 | 样品 | 试剂 | 现象 | 反应式或解释 |
|----|----|----|----|--------|
| | | | | |
| | | | | |

3. 思考题解答或问题讨论

制备实验报告

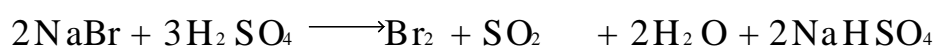
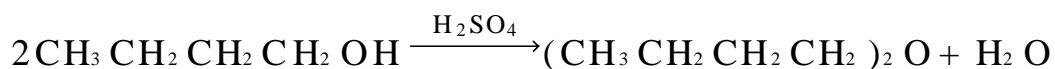
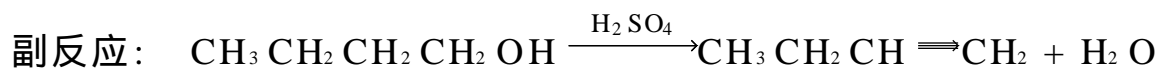
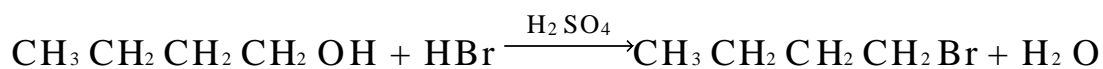
大致可分为九项，下面以正溴丁烷的制备实验为例。

实验 × × 正溴丁烷的制备

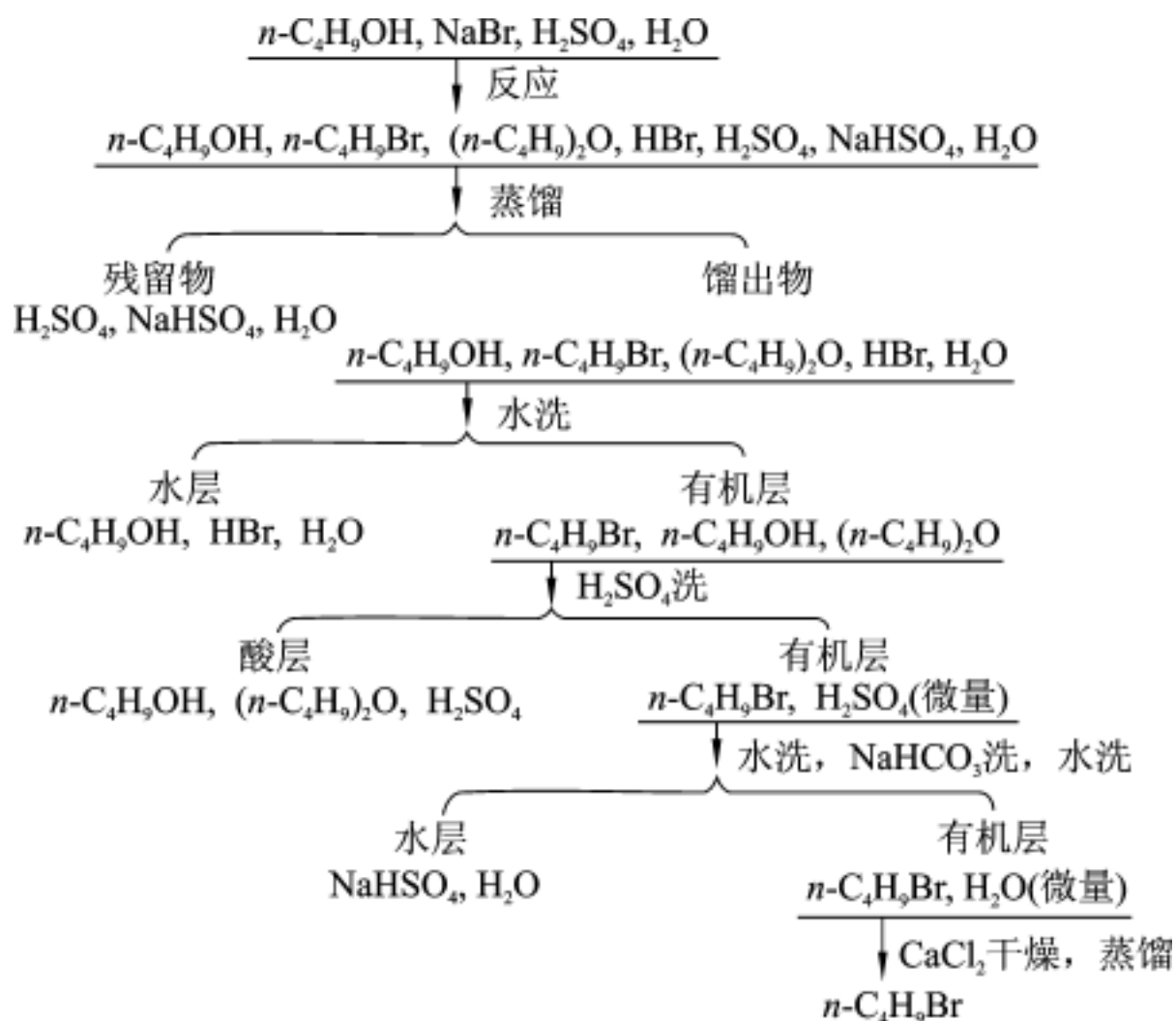
1. 目的要求

- (1) 了解由醇制备正溴代烷的原理和方法；
- (2) 初步掌握回流及气体吸收装置和分液漏斗的使用方法。

2. 反应原理



粗产物分离提纯过程及原理：



3. 主要原料与产物的物理性质

| 名称 | 分子量 | 性状 | 熔点/ | 沸点/ | 相对密度 | 折光率 | 溶解度(g/100 mL 溶剂) | | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|------------------|----|----|
| | | | | | | | 水 | 乙醇 | 乙醚 |
| 正丁醇 | 74.12 | 无色透明液体 | -89.2 | 117.71 | d_4^{20} 0.80978 | n_D^{20} 1.39931 | 7.920 | | |
| 正溴丁烷 | 137.03 | 无色透明液体 | -112.4 | 101.6 | d_4^{20} 1.299 | n_D^{20} 1.4399 | 不溶 | | |

4. 主要试剂用量及规格

正丁醇：化学纯，10 g (12.3 mL, 0.13 mol)

浓硫酸：工业品，20 mL (0.35 mol)