

高等医学院校教材

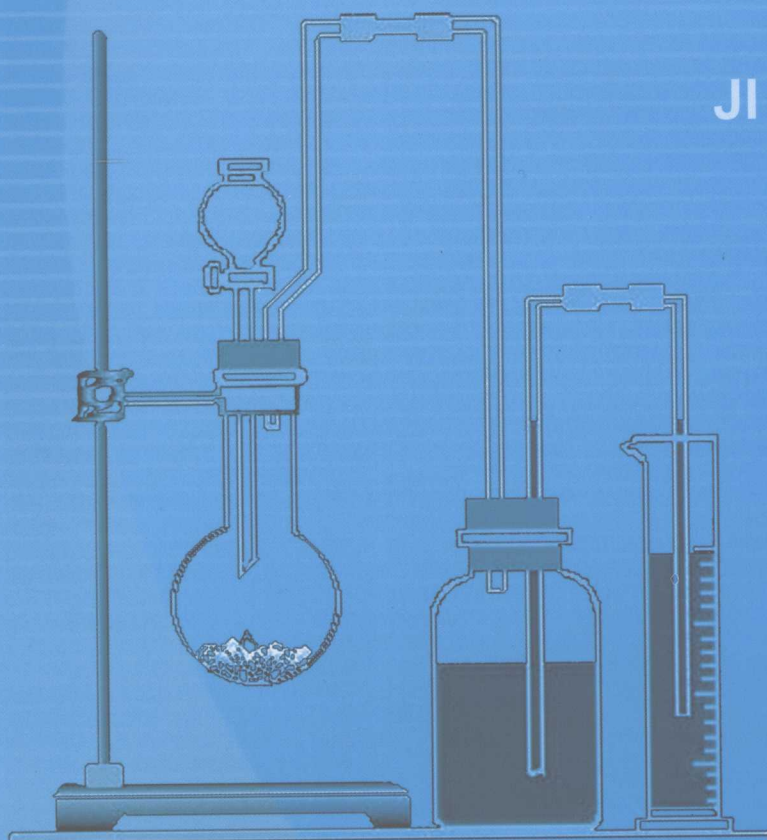
贾云宏 张晓峰 主编

有机化学实验及 学习指导

YOUJI HUAXUE

SHIYAN

JI XUEXI ZHIDAO



科学普及出版社

高等医学院校教材

附赠(CIP)目录编号查书图

ISBN 978-7-110-06882-2

2-28820-011-2

1. 有机化学 Ⅱ. 贾云宏 张... Ⅲ. 有机化学 Ⅳ. 有机化学 Ⅴ. 有机化学

1. 065-33

有机化学实验及学习指导

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第111006号

贾云宏 张晓峰 主编

科学普及出版社

北京市西城区德胜门内大街2号

电话:010-62103512 传真:010-62103513

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

印刷厂:北京印刷厂

开本:787毫米×1095毫米 1/16 印张:10 字数:235千字

2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

定价:10.00元 邮费:0.00元

科学普及出版社

(北京·北京·北京)

图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验及学习指导/贾云宏,张晓峰主编. —北京:科学普及出版社,2008.3
ISBN 978-7-110-06888-5

I. 有… II. ①贾…②张… III. 有机化学-化学实验-高等学校-教学参考资料
IV. O62-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 019859 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

科学普及出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

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

北京正道印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:10 字数:232 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

印数:0001—3000 册 定价:24.00 元

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

编委会名单

主 编：贾云宏 张晓峰

副主编：杨殿深 付纯刚

鄂义峰 徐 军

编 委 （按姓氏笔画为序）

方 芳 付纯刚 陈连山

杨殿深 张晓峰 贾云宏

徐 军 鄂义峰 蔡 东

编委会名单

总 主 编：沈国峰

副总主编：陈 华

编 委：王 沛

（按姓氏笔画为序）

陈 华 王 沛 陈 华

王 沛 陈 华 王 沛

陈 华 王 沛 陈 华

责任编辑：沈国峰

封面设计：部落艺族设计工作室

责任校对：林 华

责任印制：王 沛

前 言

《有机化学实验及学习指导》一书是为畜牧兽医专科学学生而编写的一本实验教材。经过我们多年教学实践发现，有机化学实验与有机化学理论知识联系非常紧密，理论学不好，实验也很难做好。因此，我们将试验与理论有机联系在一起而编写了此书。

全书共分两部分。第一部分为有机化学实验。根据教学试验情况编写了12个实验。包括基本操作及物理常数测定、有机化合物的性质、有机合成等方面。每个实验按目的、原理、仪器与药品、试验步骤、试验记录、数据处理和思考题等顺序编写。第二部分为学习指导。主要是为了同学们更好地学好有机化学。因为有机化合物的种类繁多、同分异构体现象普遍、有机反应类型各异、反应条件苛刻等，所以专科学学生学有机化学常会感到看书了然、闭书茫然。为此我们在编写中，每章包括学习要求，列出应掌握、熟悉和了解的内容；本章要点，归纳各章内容，以引导学生学会抓住重点，同时培养学生善于分析、归纳问题的能力；各章习题并附有参考答案，还有一套“综合测试题”供学生复习后作自测用。

由于业务水平有限、时间仓促，书中可能还有许多不足或错误，恳请使用本书的师生提出宝贵意见。

编 者

2007年11月

目 录

有机化学实验	(1)
一、有机化学实验室规章制度	(1)
二、有机化学实验室的安全知识	(1)
实验一 简单玻璃工操作	(5)
实验二 常压蒸馏	(8)
实验三 熔点和沸点的测定	(11)
实验四 茶叶中咖啡因的提取	(15)
实验五 溴乙烷的制备	(17)
实验六 乙酰水杨酸的制备	(19)
实验七 乙酸异戊酯的制备	(21)
实验八 己二酸的制备	(22)
实验九 醛、酮、羧酸及衍生物的性质	(24)
实验十 醇、酚、醚的性质	(27)
实验十一 苯甲酸的制备	(30)
实验十二 纸上层析	(31)
第一章 绪论	(33)
一、学习基本要求	(33)
二、本章要点	(33)
三、习题答案	(33)
四、自测题	(35)
自测题答案	(36)
第二章 烷烃	(37)
一、学习基本要求	(37)
二、本章要点	(37)
三、习题答案	(39)
四、自测题	(40)
自测题答案	(41)
第三章 烯烃 炔烃 二烯烃	(42)
一、学习基本要求	(42)
二、本章要点	(42)
三、习题答案	(44)
四、自测题	(48)
自测题答案	(49)

第四章 环烃	(51)
一、学习基本要求	(51)
二、本章要点	(51)
三、习题答案	(52)
四、自测题	(58)
自测题答案	(59)
第五章 对映异构	(62)
一、学习基本要求	(62)
二、本章要点	(62)
三、习题答案	(63)
四、自测题	(65)
自测题答案	(69)
第六章 卤代烃	(75)
一、学习基本要求	(75)
二、本章要点	(75)
三、习题答案	(77)
四、自测题	(79)
自测题答案	(81)
第七章 醇、酚、醚	(83)
一、学习基本要求	(83)
二、本章要点	(83)
三、习题答案	(86)
四、自测题	(89)
自测题答案	(89)
第八章 醛 酮 醌	(91)
一、学习基本要求	(91)
二、本章要点	(91)
三、习题答案	(93)
四、自测题	(97)
自测题答案	(99)
第九章 羧酸及其衍生物	(101)
一、学习基本要求	(101)
二、本章要点	(101)
三、习题答案	(103)
四、自测题	(106)
自测题答案	(107)
第十章 羟基酸和酮酸	(108)
一、学习基本要求	(108)
二、本章要点	(108)

三、习题答案	(109)
四、自测题	(112)
自测题答案	(113)
第十一章 含氮化合物	(114)
一、学习基本要求	(114)
二、本章要点	(114)
三、习题答案	(116)
四、自测题	(119)
自测题答案	(120)
第十二章 杂环化合物	(122)
一、学习基本要求	(122)
二、本章要点	(122)
三、习题答案	(124)
四、自测题	(124)
自测题答案	(125)
第十三章 脂类	(127)
一、学习基本要求	(127)
二、本章要点	(127)
三、习题答案	(128)
四、自测题	(130)
自测题答案	(132)
第十四章 糖类	
一、学习基本要求	(133)
二、本章要点	(133)
三、习题答案	(134)
四、自测题	(137)
自测题答案	(138)
第十五章 氨基酸和蛋白质	(139)
一、学习要点	(139)
二、本章要点	(139)
三、习题解答	(140)
四、自测题	(142)
自测题答案	(143)
有机化学模拟试题(一)	(144)
有机化学模拟试题(一)答案	(149)

有机化学实验

有机化学实验是有机化学教学的重要组成部分，是实践性教学环节。有机化学实验在化学本科教学中占有着十分重要的地位。其主要内容包括有机化学实验的一般知识、基本操作和实验技术、有机化合物的制备及有机化合物的性质实验。在制备实验中包括一些基础有机合成，综合性、多步合成实验。

实验课的任务不仅是验证、巩固和加深理论性教学所学到的基本理论知识，更重要的是培养学生的实验操作能力，综合分析问题和解决问题的能力，养成严肃认真、实事求是的科学态度和严谨的工作作风，从而使学生在科学方法上得到初步的训练。

一、有机化学实验室规章制度

1. 在进入实验室前必须要熟悉和遵守实验安全总则。
2. 实验室是学生进行化学知识学习和科学研究的场所，必须严肃、认真。做化学实验期间必须穿工作服，不准穿拖鞋。
3. 了解实验室水、电、气（煤气）总开关的地方，了解消防器材（消火栓、灭火器等）、紧急急救箱装置的摆放位置和正确使用方法以及安全通道。
4. 了解实验室的主要设施及布局，主要仪器设备以及通风实验柜的位置、开关和安全使用方法。
5. 实验室的废弃物要按指导教师要求放在指定的废物收集器内。
6. 禁止在实验室内吃食品、喝水、咀嚼口香糖等。在实验内不允许嬉闹、高声喧哗，也不允许打手机、戴耳机边听边做实验。
7. 实验完毕要将实验仪器清洗干净，关好水、电、气开关，做好清洁卫生。
8. 实验室所有的药品不得携带出室外。所用剩余有毒药品要还给指导教师。
9. 实验结束后，由指导老师签字，方可离开实验室。
10. 任何有关实验安全问题，皆可询问指导老师。出现意外情况，应立即报告指导教师，即时处理。

二、有机化学实验室的安全知识

有机化学实验所用的药品多数是易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的物品。所用的仪器大部分为玻璃制品，所以，在有机化学实验中，若粗心大意则易发生事故。但是，只要我们高度重视安全问题，实验时严格遵守操作规程，加强安全防范措施，事故是可以避免的。下面介绍实验室的安全守则和实验室事故的预防和处理方法。

(一) 实验的安全守则

1. 实验开始前应检查仪器是否完整无损, 装置是否安装得正确稳妥, 在征求指导教师同意之后, 才可进行实验。
2. 实验进行时, 不得离开岗位, 要经常注意反应情况是否正常、装置有无漏气、破裂等现象。
3. 做危险性较大的实验时, 要根据情况采取必要的安全措施, 如戴防护眼镜、面罩、橡皮手套等。
4. 使用易燃、易爆药品时, 应远离火源。
5. 取用有毒药品须小心, 不得接触伤口, 实验药品不得入口, 严禁在实验室内吸烟或吃饮食物。实验完毕后要仔细洗手。
6. 熟悉安全物品, 如灭火器材、沙箱以及急救药箱的放置地点和使用方法。安全用品要妥善保管, 不准移作他用。

(二) 实验室事故的预防和处理

1. 火灾。实验室中使用的有机溶剂大多数是易燃的, 着火是有机实验室最易发生的事故之一。为了防止火灾的发生, 必须遵守以下原则:
 - (1) 使用易燃溶剂时应远离火源, 加热易燃物时有采用水浴、油浴等加热方法, 切忌将易燃物盛装在广口容器中直接用火加热, 而且勿使容器封闭, 否则会造成爆炸。
 - (2) 在进行易燃物试验时, 应养成先将酒精一类易燃的物质搬开的习惯。
 - (3) 回流或蒸馏低沸点易燃液体时, 应用水浴加热, 并加入少量的沸石或瓷片以防止暴沸, 若在加热后发现未加助沸物, 切不可立即打开瓶塞补加, 而要等被蒸馏液冷却后才能加入, 否则将引起严重暴沸。
 - (4) 蒸馏瓶不能装得太满, 一般应为烧瓶容量的一半。加热时要根据具体情况控制升温速度, 宜慢不宜快, 且要避免局部过热。
 - (5) 用油浴加热回流时, 必须注意勿使冷凝水溅到油浴上, 致使油滴外溅到热源上引起火灾。
 - (6) 当处理大量的可燃性液体时, 应在通风橱中或在指定地方进行, 室内应无火源。
 - (7) 不得把燃着或带有火星的火柴梗或纸条等乱抛乱掷, 也不得丢入废物缸中, 否则会发生危险。

实验室一旦发生火灾, 应保持沉着镇静。一方面防止火势扩展。立即熄灭所有火源, 拉开室内总电闸, 搬开易燃物品。另一方面立即灭火。有机化学实验室灭火常采用使燃着的物质隔绝空气的办法, 通常不能用水, 否则会引起更大的火灾。而且, 无论使用哪一种灭火器材, 都应从火的四周开始向中心扑灭, 把灭火器的喷出口对准火焰的底部。如果小器皿内着火(如烧杯或烧瓶), 可盖上石棉板或瓷片等, 使之隔绝空气而灭火, 绝不能用嘴吹。如果油类着火, 要用沙或灭火器灭火。撒上干燥的固体碳酸氢钠粉末, 也可扑灭。如果电器着火, 应切断电源, 然后才能用二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器灭火(注意

四氯化碳高温时能生成剧毒的光气，不能在狭小和通风不良的实验室里使用)。如果衣服着火，切勿奔跑，而应立即在地上打滚，用防火毯包住起火部位，使之隔绝空气而熄灭。总之，当失火时，应根据起火的原因和火场周围的情况，采取不同的方法扑灭火焰。

2. 爆炸。在有机化学实验室里一般预防爆炸的措施有以下几种：

(1) 反应或蒸馏装置的安装必须正确，不能造成封闭体系，应使整个体系与大气相通。

(2) 减压蒸馏时应选用机械强度大、耐压的仪器，必要时应戴防护面罩或防护镜。

(3) 使用易燃易爆物（如氢气、乙炔、过氧化物、重金属炔化物、苦味酸重金属盐、三硝基甲苯等）或遇水易燃易爆物（如钾、钠等）时，应特别小心。严格执行操作规程，不可重压或撞击。对于危险残渣，必须小心销毁，不得随处乱放。

(4) 对过于猛烈的反应，要根据不同情况采取冷冻降温或调整加料速度等措施来控制反应。

3. 中毒。有机化学药品多数具有不同程度的毒性，主要通过皮肤接触或呼吸道吸入引起中毒。为防止中毒的发生，应注意以下几点：

(1) 剧毒药品要妥善保管，不许乱放，实验中所用的剧毒物质应有专人负责收发，并向使用者提出必须遵守的操作规程。实验后的有毒残渣必须作妥善而有效的处理，不许乱丢。

(2) 接触有毒物质必须戴橡胶手套，勿使剧毒药品沾在皮肤、五官或伤口上。例如氰化钠沾污伤口后可随血液循环至全身，严重者可造成中毒死亡。

(3) 处理有毒或腐蚀性物质，以及操作在反应中可能产生这类物质的实验，应当在通风橱内进行，但不能将头伸入通风橱内。

(4) 实验完毕后，使用过的器皿要及时清洗且应立即将手洗净。一旦发现中毒现象可视情况不同采取各种急救措施。溅入口中而未咽下的毒物应立即吐出来，用大量水冲洗口腔；如果已吞下时，应根据毒物的性质采取不同的解毒方法。腐蚀性中毒，强酸、强碱中毒都要先饮大量的水，对于强酸中毒可服氢氧化铝膏。不论酸碱中毒都需牛奶，但不要吃呕吐剂。刺激性及神经性中毒，要先服牛奶或鸡蛋白缓和，再服硫酸镁溶液催吐，也可用手指刺激喉部催吐。吸入有毒气体时，将中毒者搬到室外空气新鲜处，解开衣领纽扣。吸入少量氯气和溴气者，可用碳酸氢钠溶液漱口。总之，实验室中若出现中毒症状时，应立即采取急救措施，严重者应及时送往医院。

4. 玻璃割伤。玻璃割伤也是常见事故，一旦被玻璃割伤，应首先仔细检查伤口处有无玻璃碎片，若有，先取出。如果伤口不大，可先用双氧水洗净伤口，涂上红汞，用纱布包扎好；若伤口较大，流血不止，可在伤口以上10cm处用带子扎紧，减缓流血，并立即送往医院就诊。

5. 灼伤、烫伤。

(1) 酸灼伤：皮肤被酸灼伤，应立即用大量水冲洗，再用5%碳酸氢钠溶液洗涤，然后涂上油膏，将伤口包扎好。眼睛受伤应先抹去眼外部的酸，然后立即用水冲洗，用洗眼杯或水龙头上橡胶管对准眼睛冲，再用稀碳酸氢钠洗，最后滴入少许蓖麻油。衣服溅上酸后应先用水冲洗，再用稀氨水洗，最后用水冲洗净。地上有酸应先撒石灰粉，后用水冲刷。

(2) 碱灼伤: 皮肤被碱灼伤应先用大量水冲洗, 再用饱和硼酸溶液或 1% 醋酸溶液洗涤, 涂上油膏, 包扎伤口。眼睛受伤先抹去眼外部的碱, 用水冲洗, 再用饱和硼酸溶液洗涤后, 滴入蓖麻油。衣服溅上碱液后先用水洗, 然后用 10% 乙酸溶液洗涤, 再用氨水中多余的乙酸, 最后用水冲净。

(3) 溴灼伤: 皮肤被溴灼伤, 应立即用水冲洗, 也可用酒精洗涤或用 2% 硫代硫酸钠溶液洗至伤口呈白色, 然后涂甘油加以按摩。如果眼睛被溴蒸气刺激, 暂时不能睁开时, 可以对着盛有卤仿或乙醇的瓶内注视片刻加以缓解。

(4) 烫伤: 皮肤接触高温 (火焰、蒸气)、低温 (液氮、干冰等) 都会造成烫伤, 轻伤者涂甘油、鸡蛋清、玉树油等, 重伤者涂以烫伤油膏后速送医院治疗。

实验一 简单玻璃工操作

一、实验目的

练习塞子的钻孔和玻璃管的简单加工

二、实验仪器与药品

实验仪器：锉刀 酒精喷灯 玻璃管 石棉网 酒精

三、实验步骤

1. 塞子钻孔

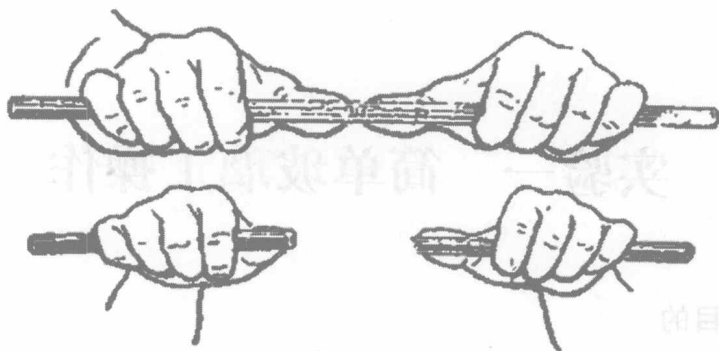
软木塞在钻孔前先用压塞器碾压紧密，以防止在打孔时软木塞裂开，所钻的孔径的大小既要使玻璃管或温度计等能够插入，又要保证不会透气；因此，所选打孔器的直径应略小于所插入物件的直径。要选择管口锋利的打孔器，如管口变钝，可用锉刀处理。钻孔时，将塞子小端向上放在木板上，不要直接放在实验台上，以免损坏台面。在打孔器的管口处涂一些甘油或水润滑，可以减小摩擦。打孔时用力要均匀、缓慢，应从塞子小端的中央垂直均匀地向一个方向转动，并同时向下施加压力，不要倾斜，也不要晃动，注意打孔器要垂直。切不可强行推入，用力太大会使软木塞破裂或橡胶塞的孔变形。当钻至塞子的 $1/2$ 左右时，边转动打孔器，边向上拔出。然后将塞子倒转，再从大的一端向下垂直钻孔，把孔钻通，然后用金属棒捅掉打孔器内的木屑或橡皮屑。塞子的大小应与所用玻璃仪器的瓶口大小相适应，塞子进入瓶颈部分不能少于塞子本身的 $1/3$ ，也不能多于 $2/3$ ，一般以 $1/2$ 为宜。所选塞子应先检查，不应有裂缝或污物。将玻璃管或温度计插入塞孔时，应将手握住玻璃管或温度计靠近塞子的部位，慢慢旋入。可将管口蘸少量水或甘油作为润滑剂以减小阻力。切记握玻璃管或温度计的手不能离塞子太远，否则玻璃管容易折断，造成割伤事故。用过的塞子应洗净，晾干，以备下次使用，已污染而无法清洗的塞子则不能再使用。

2. 玻璃管的截断

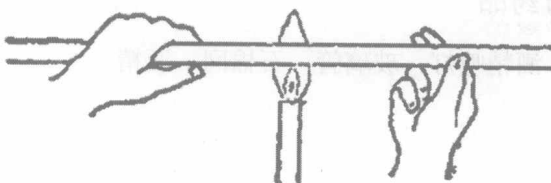
玻璃截断操作：一是锉痕，二是折断。

锉痕的操作是：把玻璃平放在桌子边缘上，拇指按住要截断的地方，用三角锉刀棱边用力锉出一道凹痕，锉痕时只向一个方向即向前或向后锉去，不能来回拉锉。

折断的操作是：两手分别握住凹痕的两边，凹痕向外，两个大拇指分别按住凹痕后面的两侧，用力急速轻轻一压带拉，折成两段。

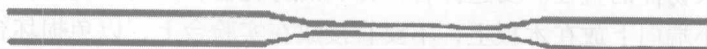


(1) 折断玻璃管



(2) 拉玻璃管

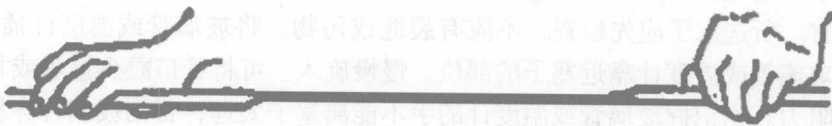
良好



不好



(3) 拉丝后的玻璃管



(4) 拉熔点管

玻璃管的折断、拉丝和拉熔点管

3. 玻璃管的弯曲

弯曲的操作：双手持玻璃管，手心向外把需要弯曲的地方放在火焰上预热，然后在鱼尾焰中加热，宽约 5cm。在火焰中使玻璃管缓慢、均匀而不停地向同一个方向转动，至玻璃受热（变黄）即从火焰中取出，轻轻弯成所需要的角度。

4. 熔点管和沸点管的拉制

拉细的操作：两肘搁在桌面上，两手执着玻璃管两端，掌心相对，加热方向和弯曲相

同,只不过加热程度强些(玻璃管烧成红黄色),才从火焰中取出,两肘仍搁在桌面上,两手平稳地沿水平方向做相反方向移动,开始时慢些,逐步加快拉成内径约为1mm的毛细管。

沸点管的拉制:将内径为3~4cm的毛细管截成7~8cm长,在小火上封闭一端作外管,将内径约为10mm的毛细管截成8~9cm长,封闭其一端为内管,这样就可组成沸点管了。

四、注意事项

1. 玻璃管的弯曲过程中,在火焰上加热时尽量不要往外拉。
2. 弯成角度之后,在管口轻轻的吹气。
3. 弯好的玻璃管要放在石棉网上自然冷却。
4. 熔点管在拉细过程中要边拉边旋转。

五、思考题

1. 选用塞子的时候要注意什么?如果钻孔器不垂直于塞子的平面结果会怎么样?怎样才能使钻嘴垂直于塞子的平面?为什么塞子打孔要两面打?
2. 截断玻璃管时候要注意哪些问题?怎样弯曲和拉细玻璃管?在火焰上加热玻璃管时怎样才能防止玻璃管被拉歪?
3. 弯曲和拉细玻璃管时候软化玻璃管的温度有什么不同?为什么要不同呢?弯制好的曲玻璃管如果要立即和冷的物件接触会发生什么样的不良后果?应该怎样才能避免?
4. 把玻璃管插入塞子孔道中时要注意些什么?怎样才不会割破皮肤?拔出时要怎样操作才安全?

实验二 常压蒸馏

一、实验目的

1. 熟悉常压蒸馏的基本原理，了解常压蒸馏的意义。
2. 掌握常压蒸馏的基本操作要领和方法。

二、实验原理

液体的分子由于分子运动有从表面逸出的倾向，这种倾向随着温度的升高而增大，进而在液面上部形成蒸气。当分子由液体逸出的速度与分子由蒸气中回到液体中的速度相等，液面上的蒸气达到饱和，称为饱和蒸气。它对液面所施加的压力称为饱和蒸气压。实验证明，液体的蒸气压只与温度有关。即液体在一定温度下具有一定的蒸气压。

当液体的蒸气压增大到与外界施于液面的总压力（通常是大气压力）相等时，就有大量气泡从液体内部逸出，即液体沸腾。这时的温度称为液体的沸点。

但是具有固定沸点的液体不一定是纯粹的化合物，因为某些有机化合物常和其他组分形成二元或三元共沸混合物，它们也有一定的沸点。

蒸馏是将液体有机物加热到沸腾状态，使液体变成蒸气，又将蒸气冷凝为液体的过程。

通过蒸馏可除去不挥发性杂质，可分离沸点差大于 30 °C 的液体混合物，还可以测定纯液体有机物的沸点及定性检验液体有机物的纯度。

三、实验仪器与药品

实验仪器：蒸馏瓶 温度计 直型冷凝管 尾接管 锥形瓶 量筒

药品：自来水

四、实验步骤

将待蒸自来水 40ml 小心倒入蒸馏瓶中，不要使液体从支管流出。加入几粒沸石，塞好带温度计的塞子，注意温度计的位置。再检查一次装置是否稳妥与严密。先打开冷凝水龙头，缓缓通入冷水，然后开始加热。注意冷水自下而上，蒸气自上而下，两者逆流冷却效果好。当液体沸腾，蒸气到达水银球部位时，温度计读数急剧上升，调节热源，让水银球上的液滴和蒸气温度达到平衡，使蒸馏速度以每秒 1~2 滴为宜。此时温度计读数就是馏出液的沸点。

蒸馏时若热源温度太高，使蒸气成为过热蒸气，造成温度计所显示的沸点偏高；若热源温度太低，馏出物蒸气不能充分浸润温度计水银球，造成温度计读得的沸点偏低或不