



高中生综合实践系列教材

实验中的 化学世界

SHIYANZHONG DE
HUAXUE SHIJIE

◎ 汤小梅 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

高中生综合实践系列教材

实验中的化学世界

汤小梅 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

实验中的化学世界/汤小梅编著. —杭州:浙江
大学出版社, 2012.8
高中生综合实践系列教材
ISBN 978-7-308-10397-8

I. ①实… II. ①汤… III. ①中学化学课—高中—教
学参考资料 IV. ①G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 195854 号

实验中的化学世界

汤小梅 编著

责任编辑 石国华
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州星云光电图文制作工作室
印 刷 浙江云广印业有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 5.75
字 数 110 千
版 印 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-10397-8
定 价 18.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

编者的话

这本书介绍的是一些有趣的化学实验,这些实验能告诉我们如何发现食物中潜藏的热量;如何理解物质的一些简单性质;怎样利用升华的特点制得你想要的精油;并合成令人着迷的香水等。我们可以通过实验把很多看不见的物质性质展示出来。

写这本书的念头已经很久了,20年来我一直引导学生用自己的实践探索这个世界,现在终于有这样一个机会,通过这本书把我的实验室展现在更多的学生面前,让它成为另一个绚丽的课堂。

希望所有读到这本的同学们能够跟我一起走进实验室、走进厨房、走进所有能让我们动手探索的地方,用随手可取的材料做我们想做的事情。



目 录

第一章 实验前的准备

1.1	安全知识	(1)
1.1.1	酸、碱的使用	(1)
1.1.2	熟悉化学危险品标识	(1)
1.2	化学药品的用量	(2)
1.3	化学药品的处理	(2)
1.4	仪器的准备	(3)
1.4.1	玻璃仪器	(3)
1.4.2	自制简易酒精灯	(4)
1.4.3	过滤器的准备	(4)
1.4.4	常用试纸的制备	(4)

第二章 基础实验

2.1	物理变化和化学变化	(6)
2.1.1	测定沸点、物质的挥发性	(6)
2.1.2	加热有机物质	(7)
2.1.3	加热硫单质	(8)
2.2	物质分类	(9)
2.2.1	软的和硬的物质	(9)
2.2.2	混合物和纯净物	(10)
2.3	各种分散系	(11)
2.3.1	悬浊液和沉淀	(11)
2.3.2	溶液	(12)
2.3.3	胶体和乳浊液	(14)
2.4	晶体 聚合物	(16)
2.4.1	晶体	(16)



2.4.2	结晶水	(19)
2.4.3	聚合物	(20)
2.5	酸碱盐 化学反应	(28)
2.5.1	缓冲溶液	(28)
2.5.2	防火材料	(29)
2.5.3	用皂泡形成法检验硬水	(30)
2.6	电化学 原电池 电解池	(32)
2.6.1	镀银	(32)
2.6.2	硬币电池	(32)
2.6.3	柠檬电池	(33)
2.7	有机化学	(34)
2.7.1	乙酸的制备	(34)
2.7.2	草酸的制备	(34)
2.7.3	脂肪的检验	(34)
2.7.4	油类的检验	(35)
2.7.5	丁酸乙酯的制备	(35)
2.7.6	蛋白质的检验	(36)
2.7.7	克耶达(Kjeldahl)法检验有机物中的氮	(36)

第三章 综合实验

3.1	制造古老墨水的配方之一——硫酸亚铁铵晶体	(37)
3.2	人工合成古老的止疼药——阿司匹林	(38)
3.3	自己动手快速检测乳制品中的含氮量(甲醛法)	(41)
3.4	提取茶叶中那些让人兴奋的物质	(42)
3.4.1	咖啡因的提取	(42)
3.4.2	茶叶中茶多酚和咖啡因的提取	(45)
3.5	提炼精油——从橙皮中提取橙油	(46)
3.6	人工合成香精——乙酸异戊酯的制备	(48)
3.7	餐桌上的革命——自己动手从油料作物中提取粗油脂	(50)

第四章 趣味实验

4.1	生活中的化学品	(52)
4.1.1	家用固体酸	(52)



4.1.2	家用酸的品尝	(53)
4.1.3	家庭生活中的酸碱指示剂	(53)
4.1.4	家用焙粉	(53)
4.1.5	自发面粉	(53)
4.1.6	家中的碱性物质	(54)
4.1.7	厨房中的金属	(54)
4.1.8	切花保鲜剂	(54)
4.2	食 物	(55)
4.2.1	烹 饪	(55)
4.2.2	储存食物	(55)
4.2.3	脱水水果	(58)
4.2.4	测量食物储存的能量的简易方法	(60)
4.2.5	碳水化合物淀粉测试	(62)
4.2.6	蛋白质的消化	(63)
4.2.7	寻找肉类中隐藏的脂肪	(64)
4.2.8	奶酪的制作	(65)
4.2.9	制作果冻凝胶	(66)
4.3	生活中的乳化剂	(67)
4.3.1	观察肥皂作乳化剂	(67)
4.3.2	制作冰激凌	(68)
4.3.3	自制豆腐	(68)
4.4	制备糖晶体	(69)
4.5	自制蛋糕——发泡剂在食品中的应用	(69)
4.6	酶在食品中的作用——自制甜酒酿	(70)
4.7	观察生活中物质的燃烧	(71)
4.8	制作橡胶黏合剂	(71)
4.9	制作便携式化学热袋	(72)
4.10	制作隐形画粉	(73)
附录 1	探究酶是如何帮助身体消化蛋白质的	(75)
附录 2	比较不同数量的 QQ 糖对果冻制作的影响	(80)
附录 3	探究碳酸氢钠 (NaHCO_3) 在制作蛋糕中的作用	(83)
参考文献		(86)



第一章 实验前的准备

做实验就像出去旅行,我们总是有很多准备工作要做,这些准备工作对实验会有很大的影响,也许你需要一副保护你眼睛的眼罩,就像夏天的太阳眼镜一样;也许你需要一件耐酸碱的衣服。当然你一定会用到盛放各种化学药品的容器、一些连接仪器的导管等。

也许有了这些准备工作,一些有趣的实验甚至可以在实验室里完成,当然也可以在家里完成:围裙是你的工作服,吸管可以制成导管,筷子是玻璃棒,各种花草只要稍加处理就是最简单的酸碱指示剂。如果想试试,那么,看看哪些准备工作是必需的……

1.1 安全知识

1.1.1 酸、碱的使用

实验时,希望你穿上实验服,操作浓酸、浓碱时希望你戴上安全保护镜(见图1-1)。稀释酸碱的时候应该将浓酸碱溶液缓慢注入水中。若有少量酸碱液溅到皮肤上,立即用布擦干,用大量水冲洗;若不小心溅入眼睛,立即用大量水冲洗后,去医院治疗。有机酸不如无机酸那样危险,但石炭酸(苯酚)和草酸有毒,操作时也要小心。



图 1-1 实验用防护镜(图片为邦士度防护眼罩)

1.1.2 熟悉化学危险品标识

国际上对化学危险品都规定有特殊的标识,这样人们在看见贴有这些标识



的药品前,会更小心。当然你首先要熟悉这些标识,才能更好地保护自己。图 1-2 就是一些国际上通用的化学危险品标识,如果你想了解更多的危险品标识,也可以自己上网查找。



图 1-2 一些危险品的国际标识

1.2 化学药品的用量

在化学实验过程中,对一些常见试剂的浓度要了解,如浓硫酸一般指的是 18mol/L 以上的硫酸溶液,就是 98% 以上的硫酸,对皮肤的腐蚀性很强,会引起烧伤;浓硝酸则是指 14mol/L 以上的硝酸溶液,质量分数约在 67% 以上;浓盐酸则指的是 12mol/L 以上的盐酸,质量分数为 36% 以上,这比你的胃酸强 1000 倍。这些酸对皮肤都有强腐蚀性,使用时要特别小心。

所有的实验中,如果没有特别标注,希望取用药品时,液体 $1\sim 2\text{mL}$,在试管中高度约一指宽;固体粉末刚盖过试管底;块状固体药品量约半颗豆粒大小。

试管中加热液体时,放入液体不要超过 $1/3$,不要对着别人。

1.3 化学药品的处理

取用过多的药品不要放回原瓶。易挥发物质的使用或制取、加热有特殊气味或少量有毒气体产生的实验时,请在通风橱中完成。尽量处理好实验的尾气,可以保护好自己。某些化学药品在燃烧时会生成致癌的气体,因此,不要将废弃的化学物品扔进火中。

我们不主张在学校的实验室中使用水银。水银蒸气是有毒的,容易被吸入或通过皮肤进入人体而引起中毒,损害神经系统。如果水银从碎裂的温度计中散落,立即用湿抹布或真空水泵收拢起所有的水银并在水银溅落处盖上硫粉(常温下,硫和汞会反应产生硫化汞)。

氧化性物质是支持燃烧的化学物品。如果将它们与可做燃料的物质接触,



就有爆炸或起火的危险。氧化性物质包括过氧化物、氯酸盐、高氯酸及盐。如果不注意安全使用,氯酸钾很危险,要使它远离强酸和易被氧化的物质,例如:硫磺、硫化物、磷、蔗糖、酒精和其他有机溶剂、铵盐、金属粉、油脂及粉尘。

不要直接对着试管口吸入气体,用手将气体扇向自己,小心嗅闻。当然,绝对不能在实验室中品尝任何化学药品。

1.4 仪器的准备

1.4.1 玻璃仪器

1. 玻璃的切割

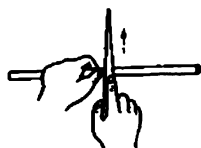
玻璃刀(图 1-3)可以将玻璃切开,玻璃刀的尖端有一个锋利的砂轮或者是金刚石,“没有金刚钻儿,不揽瓷器活”,就是指用类似玻璃刀的工具切割或在瓷器上钻孔。当玻璃刀以合适的速度和压力划过玻璃,会在玻璃的表面形成一道刻痕,轻轻地用尖端压住刻痕的一边,同时轻拉玻璃,玻璃就会沿着刻痕断裂。



图 1-3 玻璃刀

2. 玻璃管的截割

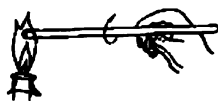
将玻璃管平放,用三角锉刀同向在玻璃管上锉出凹痕,凹痕应与玻璃管垂直以使截面平整。双手握管,锉痕朝外,拇指放在锉痕的背面朝外推折,两食指同时轻拉玻璃管,待玻璃管断裂后,可在酒精灯上加热截面,使截面更光滑(图 1-4)。



A. 玻璃管的锉痕



B. 玻璃管的截断



C. 玻璃管截面的熔光

图 1-4 玻璃管的截割和熔光



3. 玻璃仪器的洗涤

玻璃仪器因为沾上不同的物质洗涤方法可能会不同,如附着了硫磺的试管用热碱洗,有铁锈附着的试管用盐酸洗,如果是附着酚醛树脂的试管只能用酒精浸泡了。但最终洗干净的标志是,用水冲洗试管等玻璃容器后,倒置,容器内壁形成均匀的水膜,没有水珠挂滴现象出现。

1.4.2 自制简易酒精灯

用一个有旋的金属盖子的小瓶子,在金属盖的中心打一个小孔,扩大孔径以使一根 4cm 长的金属管恰好能插入孔中,将管深入瓶中约 1cm。用废棉线做灯芯,使其穿过金属管进入瓶中。向瓶中倒入酒精即可。

1.4.3 过滤器的准备

化学实验中经常需要分离各种物质,过滤是用于分离固体和液体有效的实验方法。先折好滤纸(图 1-5),将折好的滤纸放入漏斗中,并用水湿润,使滤纸紧贴漏斗内壁,然后进行过滤操作。

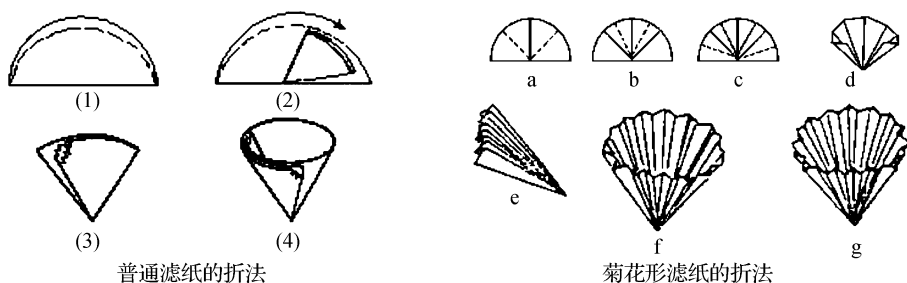


图 1-5

当然还有很多分离方法,所用的分离仪器各不相同,都需要进行实验前的准备。我们可以通过查阅资料了解更多分离仪器的准备。

1.4.4 常用试纸的制备

1. 淀粉碘化钾试纸(白色)

淀粉碘化钾试纸可以检验一些氧化性物质,当遇上氧化性强的物质,能看见试纸由白色变为蓝色。

将 3 克淀粉与 25 毫升水搅和,倾入 225 毫升沸水中,加 1 克碘化钾及 1 克碳酸钠晶体($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)用水稀释至 500 毫升,将滤纸条浸入,取出晾干即可。



2. 石蕊试纸(红色及蓝色)

红石蕊试纸可定性地检验碱性物质,蓝石蕊试纸检验酸性物质,在检验相应气体时需要润湿。当红石蕊试纸遇上碱性物质时呈蓝色,蓝石蕊试纸遇上酸性物质时呈红色。

先用热的酒精处理市售石蕊,以除去夹杂的红色素。倾去浸液后,再将残渣 1 份与 6 份水浸煮并不断搅拌,滤去不溶物。将滤液分为 2 份,1 份加稀磷酸或稀硫酸至变红,另 1 份加稀氢氧化钠溶液变蓝,然后把滤纸条浸入这两种溶液中,取出后在避光的、没有酸碱蒸汽的房间中晾干即可。

3. 酚酞试纸(白色)

酚酞试纸可用于检验碱性物质,碱性物质遇上该试纸呈红色。

将 1 克酚酞溶于 100 毫升 95%乙醇溶液中,振荡溶液,同时加入 100 毫升水,将滤纸条浸入,取出置于无氨蒸汽处晾干即可。

4. 醋酸铅试纸(白色)

该试纸用于检验硫离子或硫化氢气体。当遇上含硫离子的溶液时,试纸呈黑色。

将滤纸条浸入 3% 的醋酸铅溶液中,取出后在无硫化氢气体的房间中晾干。

5. 热敏试纸(红色)

将氯化钴水溶液加入氯化铵水溶液中,用水稀释至呈淡红色,将滤纸条浸入溶液中后取出晾干。纸条受热时呈亮绿色。



第二章 基础实验

在本章中,我们通过一些简单实验,完成对物质性质的初步探究;并对不同的分散系及其特性作初步的了解,学会从溶液中得到晶体,并能合成一些常见的有机高分子物质,了解一些物质的常见检验方法,为下一章完成复杂实验打好基础。

2.1 物理变化和化学变化

2.1.1 测定沸点、物质的挥发性

在沸腾的液体中形成气泡时,气泡的蒸汽压大于外界的气压。当液体分子之间的作用力很强时,只有少数分子可以挣脱力的束缚进入气相,这类物质的蒸汽压低而沸点高。 100°C 时,纯水的蒸汽压为 101.3kPa 。液体的沸点是该液体的蒸汽压与 101.3kPa 相等时的温度。在化学反应体系中加入沸石可使气泡变得小而均匀以防暴沸。溶液的沸点不同于纯液体。比起纯水,氯化钠的水溶液在较高的温度沸腾,具有较低的凝固点和蒸汽压。凝固点和沸点可用来判断物质的纯度。

【实验仪器及试剂】 试管;酒精灯;温度计;蒸馏水;氯化钠晶体;沸石。

【实验步骤及现象】 用两支试管取相同体积的水,在一支试管中加入氯化钠,用橡皮筋把两支试管绑在一起放在酒精灯上加热以使它们获得相同的热量。在盛有纯水的试管中水先沸腾。

分别取不饱和和饱和的氯化钠溶液,加热两种溶液至沸腾,记录温度(表 2-1),继续加热使它们沸腾 5 分钟,沸腾状态下记录温度。溶液的温度随溶液不断沸腾而变化。

表 2-1 不同浓度溶液的沸腾状况

	沸腾时间	沸腾温度	沸腾后的温度变化
不饱和氯化钠溶液			
饱和氯化钠溶液			



蒸发是在温度低于沸点时微粒从液态到气态的运动,挥发性液体在室温下很容易蒸发。

【实验仪器及试剂】 6cm 长的滤纸条多张;别针;若干液体如水、酒精、汽油、松节油、煤油、机油、醋、香草精、桉树油和甘油等。

【实验步骤及现象】 选择若干液体,如水、酒精、汽油、松节油、煤油、机油、醋。记下液体名称,用各种液体分别浸润 6cm 长的滤纸条,并用别针将纸条固定在绳子上,前 2 个小时每 10 分钟观察一次,第一天中每隔两个小时观察一次,而后 2 周内每天观察一次。

用类似的滤纸条检验各种香水的持久性,记录香水对人的相对吸引力。你也许就是下一个 Thierry Wasser^①(见图 2-1)。



图 2-1 Thierry Wasser 调香师

2.1.2 加热有机物质

【实验仪器及试剂】 木屑 5g;糖 5g;纸屑 5g;毛(头发)5g;生肉 5g;硬质玻管。

【实验步骤及现象】 热分解木头成为黑色固体和褐色液体。在硬质试管中加热木屑,观察木材的分解现象。当冒烟后,冷却试管,注意褐色物质附在试管壁,而黑色固体留在试管底部。

将试管底部的黑色物质转移到另一个试管中加热。

分别加热糖、纸、毛、肉,观察试管中留下的黑色物质。

^① Thierry Wasser,法国娇兰第五代调香师。1961 年出生在瑞士蒙特勒。从孩提开始,他就喜爱收集各种草,20 岁就获得植物学联邦毕业证书。1981 年,他被分配到 Giraudan(吉沃丹香料公司),在那里开始了他的调香事业。1983 年至 2008 年,他进驻 Firmenich(芬美意香料公司),为许多大牌公司和明星创作香水。2008 年 6 月,由于成绩突出,他被让·保罗·娇兰先生(Jean Paul Guerlain)选中,应邀加入娇兰(Guerlain)家族。一年过去了,他不负众望成功推出了两款香水:Gurlain Homme Intense 男性香水和 Idylle 女性香水。



思考

黑色物质都是碳的一种形态,那么在加热各种物质时都还会有其他物质出现,它们会是什么?为什么说烧焦的鱼肉不能吃?

2.1.3 加热硫单质

硫单质存在多种同素异形体,主要是构成的硫原子的空间排列方式不同(图2-2)。

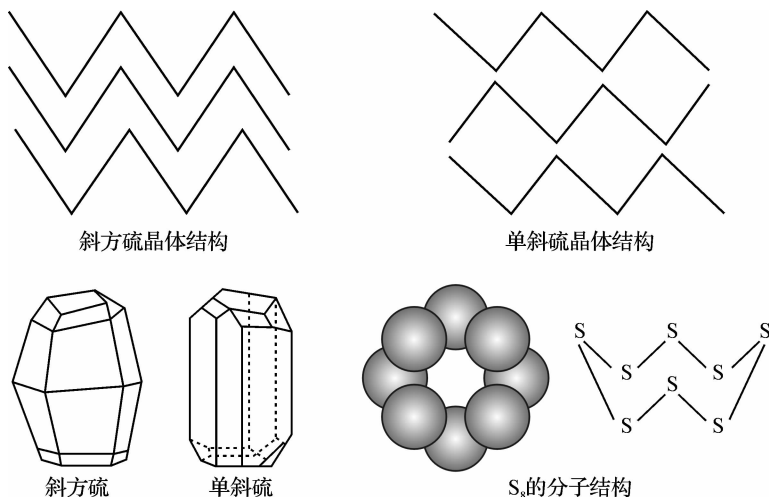
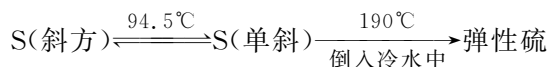


图 2-2 硫原子的空间排列方式

【实验仪器及试剂】 硫粉;试管;滤纸;烧杯。

【实验步骤及现象】 在试管中加入硫粉(斜方硫),均匀加热,硫熔化为金黄色液体(图 2-3(a)),继续加热直至在液体上方出现红色蒸汽,冷却试管,在试管壁和底部形成硫沉积。



【实验步骤及现象】 制备单斜硫:在试管中放入少量硫,均匀加热直到硫熔化,熔点 114.5°C ,液体成柠檬黄色,将液态硫倒入一张折叠好的滤纸中,表面形成硬壳后,展平滤纸,滤纸上留下单斜硫的针状晶体(图 2-3(b))。

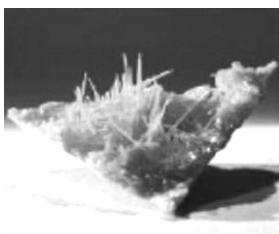
制备弹性硫:按照制备单斜硫的方法开始,缓慢持续加热试管,注意在熔点



时,硫从浅黄色变为红褐色液体,红褐色硫变得黏稠,如果倒置试管它不会流出。继续加热,转变为黑褐色液体,加热至 445°C ,硫沸腾(小心!),将熔化的硫倒入盛有冷水的烧杯中,形成带状硫以展示其弹性(图 2-3(c))。



(a) 自然界存在的斜方硫



(b) 制香的单斜硫



(c) 弹性硫

图 2-3 硫的各种同素异形体

2.2 物质分类

我们会把一些物质按照自己的习惯、爱好进行归类,你会把自己的衣服按季节分类放置,但是换一个人,也许会按搭配摆放自己的衣服。所以,当你用化学家的眼光看待不同物质时,就知道他们会怎样通过一些简单的实验,将物质分门别类。

你可以收集一些身边的单质或化合物的标本,然后给以一定的描述,注意:

(1)室温下的状态——固态、液态、气态;

(2)固体的清洁表面是否有光泽;

(3)能否用钳子将固体弯曲或扭转,还是使其断裂;

(4)将该物质夹在两个作为电路触点的鳄鱼夹之间,它是否导电;

(5)将少许单质放入燃烧匙中,用灯焰点燃,观察该物质的燃烧情况,把燃烧产物转移到盛有水的试管中,振荡后用湿润的石蕊试纸检验溶液。

2.2.1 软的和硬的物质

比如用钳子扭转固体是为了检测它的硬度,有一种我们称为摩氏硬度的矿物相对硬度标准,是一种利用矿物的相对刻划硬度来划分矿物硬度的标准,是德国矿物学家腓特烈·摩斯(Friedrich Mohs)于 1812 年提出的。

摩氏硬度标准将 10 种常见矿物的硬度按照从小到大排序:①滑石,②石膏,③方解石,④萤石,⑤磷灰石,⑥正长石,⑦石英,⑧黄玉,⑨刚玉,⑩金刚石。具体鉴定方法是,在未知硬度的矿物上选定一个平滑面,用上述已知矿



物的一种加以刻划,如果未知矿物表面出现划痕,则说明未知矿物的硬度小于已知矿物;若已知矿物表面出现划痕,则说明未知矿物的硬度大于已知矿物。如此依次试验,即可得出未知矿物的相对硬度。若某种矿物的硬度在两种标准矿物之间,则会用“.5”表示,例如黄铁矿的摩氏硬度为6.5。当然摩氏硬度只是一种相对标准,与绝对硬度并无正比关系。

如果在野外,也可以使用其他已知硬度的常见物质对新发现的物质进行摩氏硬度测定。如指甲硬度约2.5,铜币为3.5~4,钢刀为5.5,玻璃为6.5。

2.2.2 混合物和纯净物

混合物和纯净物是科学家对物质的最常见的分类,通常混合物没有固定的熔沸点,纯净物在一定压强下有固定的熔沸点,我们也会利用这样的性质对物质进行基本的鉴定分类,也可以通过这样的性质制备一些我们需要的东西。

玻璃是常见的混合物,没有像晶体那样有确定的熔点。

1. 制备硅玻璃

【实验仪器及试剂】 镍铬丝;碳酸钠固体;硅石粉。

【实验步骤及现象】 取一根玻璃棒,绑上一个用镍铬合金线做的小圈,用小圈蘸取少量碳酸钠,再将线圈浸入硅石粉中,取出,放在酒精灯上加热,混合物熔融后形成透明的玻璃球。

2. 制备玻璃

【实验仪器及试剂】 玻璃棒;干净的砂子;碳酸钠固体;碳酸钙固体;硼砂。

【实验步骤及现象】 将玻璃混合料放入坩埚中,在熔炉或喷灯上加热,

玻璃混合料(1):1.7g 干净砂子,4g 碳酸钠,2g 硼砂;

玻璃混合料(2):0.6g 干净砂子,2g 碳酸钠,1g 碳酸钙。

3. 给玻璃着色

【实验仪器及试剂】 玻璃棒; MnO_2 ; CuO ; Cu_2O ; SnO_2 。

【实验步骤及现象】

方法一,将金属氧化物加进玻璃混合料中;

方法二,加热玻璃棒的一段直至红热,浸入粉状金属氧化物中加热到氧化物熔入玻璃中。

使用不同氧化物可得到不同颜色的玻璃,例如:紫色——二氧化锰,绿色——黑色氧化铜,红色——红色氧化亚铜,白色——二氧化锡。

4. 建造一座“水中花园”

【实验仪器及试剂】 40% Na_2SiO_3 ; 钴、铁、铜、镍和铅的氯化物;铝、铁、铜