实验研究

观察－思考－创新

——乙醇催化氧化实验再改进

黑龙江省大庆实验中学 163316 高 晶 刘开胜

在人教版《必修2》教材中，乙醇的催化氧化实验是学生学习掌握乙醇性质的关键实验。

课本中的实验操作为“向1支试管中加入3 mL～5 mL乙醇，取一根10 cm～15cm长的铜丝，下端绕成螺旋状，在酒精灯上灼烧至红热，插入乙醇中，反复几次。注意观察反应现象，小心闻试管中液体产生的气味。”这种方法尽管简单易操作但是要使用更多的乙醇，产物的检测也不够严谨。同时，学生的注意力往往集中于铜的变化而忽略该反应的主角——乙醇。

关于乙醇催化氧化实验改进文献多有报道。其中改进的策略主要集中在：

(1)实验仪器的设计，如采用弯型玻璃试管作反应器，在三颈瓶中发生反应，采用电热丝加热等。

(2)产物的检验，多采用定性的检测方法如席夫试剂银镜反应等来代替通过闻乙醛气味，使实验更科学严谨。

(3)进料方式设计，可采用蘸有酒精的棉花团加热，用滴管滴加或用注射器辅助等方法。这些改进都一定程度地节省了乙醇药品的使用增加实验的趣味性和科学性。

一、实验的改进

1. 改进思路

本实验的改进从经典教材中的实验出发按照教材学生进行分组试验操作。在实验过程中学生发现了一个有意思的现象：在加热螺旋铜丝时，当铜丝变黑之后，靠近酒精灯焰芯时铜丝转化为红色，靠近外焰加热时又转化成黑色。这个现象引起学生很大的兴趣，也引发学生思考：为什么会出现这样的现象，经过思考，铜丝被氧化成氧化铜，

▶ 三、利用正方体培养“三维立体建模”的基础模型

1. 正方体的模型点线(如图5所示，1个中心、8个顶点、12条面对角线、4条体对角线)

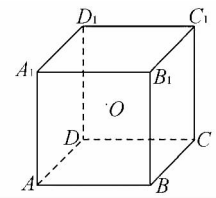

图5

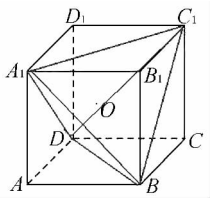

图6

2. 连接6条面对角线——形成P_4分子的空间构型，如图6所示。

3. 以六面体中心O连接4个顶点——形成CH_4分子的空间构型，如图7所示。

4. 以六面体中某一顶点为中心形成A_1型密堆积——如干冰分子的空间构型，如图8所示。

在六面体的顶点上周围有密堆积的6个二氧化碳分子，其连接的3个面心上各有一个二氧化碳分子，因此，其配位数为12。

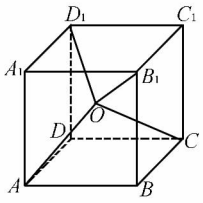

图7

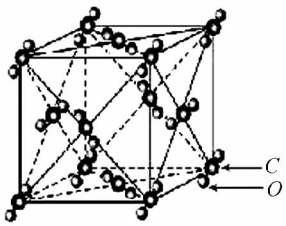

图8

5. 分割的正四面体关系——碳化硅，如图9所示。

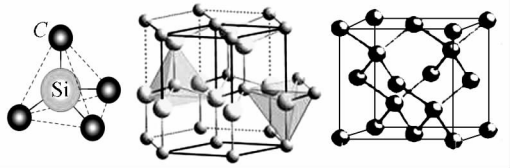

图9

(收稿日期：2016－11－13)

酒精灯的焰芯有没有燃烧的乙醇蒸汽还原氧化铜，自身被氧化成乙醛，这正是乙醇催化氧化的过程。在此过程中，酒精灯即作为加热装置又能提供反应原料。这一经典实验的发现和思考为改进实验提供了最初的灵感。

2. 改进过程

本实验的改进主要集中在通过巧妙的设计并自制玻璃弯管，将酒精灯的酒精蒸汽引出作为反应底物，在带有催化剂（铜丝）的玻璃弯管中发生催化氧化反应，将产物导入银氨溶液中通过银镜反应检验乙醇被氧化的产物。

二、结果与讨论

1. 实验仪器创新

自制玻璃弯管反应器：将螺旋状铜丝插入玻璃管中，在距玻璃管一端 4 cm ~ 5 cm 处用酒精喷灯加热，缓缓弯成约 45°角，将铜丝固定在弯管中，略长一端距离弯折处约 1 cm 的位置。将玻璃弯管一端通过橡胶导管接尖嘴玻璃导管。玻璃弯管的另一端稍扩口。

2. 实验过程创新

（1）将尖嘴玻璃导管放入银氨溶液试管中。注意玻璃管尖嘴悬于液面，不要插入液面下，保证空气进入热的铜丝管中。小试管置于冷水浴中冷却减少乙醛逸出。

（2）移动酒精灯，预热装有铜丝的 45°角玻璃弯管反应器。

（3）玻璃弯管口转至离开酒精灯火焰，集中加热弯管中的铜丝部位直至铜丝变为黑色。

（4）转动玻璃管的方向，将弯管扩口置于酒精灯焰芯处。使乙醇蒸汽从酒精灯焰心引出进入反应器，同时使酒精灯的外焰加热铜丝至铜丝上黑色氧化铜被乙醇还原出现红色。

这样使氧气和乙醇蒸汽交替进入反应器，发生催化循环。

（5）重复步骤（3）（4）几次，使乙醇和空气交替进入玻璃管，可以看到铜丝红 - 黑交替变化（每次不到 10 s），乙醇不断被氧化成乙醛，氧化铜被还原成铜。

（6）停止加热后，将尖嘴玻璃导管插入银氨溶液，用洗耳球将玻璃管内的残余气体鼓入银氨溶液中，轻微振荡后置于约 40℃ 水浴。

（7）仔细观察试管中出现棕色浑浊，逐渐加深，约 5 分钟后形成光亮的银镜，证明乙醛生成。

本实验改进的核心是巧妙设计 45°角玻璃弯管这一简单易操作的仪器。在制作过程中预先把曲成弹簧状的铜丝置于玻璃管内，然后再通过酒喷灯加热把直玻璃管弯成约 45°角。玻璃弯管的长度和角度要保证可以从酒精灯的焰芯引出酒精后同时可以使酒精灯外焰加热铜丝。角度过大或过小对实验都是不利的。同时应该注意，在氧化铜与乙醇发生反应时反应体系不能离开酒精灯。保证在持续稳定的加热条件下反应对实验成功是必要的。

三、评价与反思

本实验的改进灵感来自于教材实验的操作。在实验操作过程中发现铜丝在酒精灯外焰和焰芯加热的有趣现象。通过认真思考分析，设计将酒精灯中的乙醇引出作为反应原料。怎样能利用酒精灯提供原料的同时又能加热铜丝发生反应实现酒精灯的多种用途是改进研究的瓶颈，直到巧妙设计了 45°角的玻璃弯管反应器这一问题才得以突破。采用酒精灯气化的酒精做反应物，热的酒精蒸汽能顺利进入反应器发生反应。这样简化了操作而且节省乙醇药品，实验结束没有任何浪费的乙醇，符合绿色化学的发展理念。

教材中采用闻乙醛气味的方式认识反应产物是通乙醛的物理性质来辨别。这样虽然简单方便，但是怎样知道产生的气味就是乙醛缺乏说服力。另外由于乙醛大部分溶于乙醇溶液中挥发较少，不易察觉而被忽略。这样，通过教学实际情况反馈整个实验中学生的兴趣在于铜丝的颜色变化而忽略了乙醇被氧化成乙醛本身的反应，使得实验教学目标发生偏离。所以改进中，将检验乙醛的化学性质代替物理性质，将检测产物的方式改成现象明显的银镜反应。

经过改进后的乙醛催化氧化实验使学生能整体把握实验的原理，更明确反应物和产物，而不是仅仅关注铜丝的颜色变化，使实验更严密，更据科学性，更具有说服力。

（收稿日期：2016 - 12 - 15）