

指向深度学习的高中化学制备类实验专题复习 ——以二草酸合铜(Ⅱ)酸钾的制备为例

唐 苏

(上海中学东校 上海 201306)

摘要:以2022年高考全国乙卷第27题——二草酸合铜(Ⅱ)酸钾的合成为主题,通过具体的实验操作,引导学生对该实验进行深入分析,从而得出制备类实验的思维模型。该复习模式充分激发了学生的学习兴趣,深入探究了晶体析出的操作,培养了学生的动手能力和提出问题、解决问题等高阶思维能力。

关键词:制备类实验;深度学习;高中化学实验专题

文章编号:1002-2201(2025)03-0066-06

中国分类号:G632.479

文献标识码:B

一、教学内容及现状分析

实验教学是高中化学教学的重难点,也是高考的热点。《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》^[1]对必修课程中实验模块的学业要求如下:

“①具有较强的问题意识,能提出化学探究问题,能作出预测和假设;能依据实验目的和假设,设计解决简单问题的实验方案,能对实验方案进行评价。②能运用实验基本操作实施实验方案,具有安全意识和环保意识;能观察并如实记录实验现象和数据,进行分析

和推理,得出合理的结论;能与同学合作交流,对实验过程和结果进行反思,说明假设、证据和结论之间的关系,用恰当形式表达和展示实验成果。③能根据不同类型实验的特点,设计并实施实验;能预测物质的某些性质,并进行实验验证;能运用变量控制的方法初步探究反应规律;能根据物质性质的差异选择物质分离的实验方法;能根据物质的特征反应和干扰因素选取适当的检验试剂;能根据反应原理选取实验装置制取物质。”为了达成化学科学与实验探究的教学内

判断 Cl^- 是否洗净的化学原理。 pH 试纸可以检测洗出液的 pH ,即 $c(\text{H}^+)$ 的大小。在稀盐酸中,由于 $c(\text{OH}^-)$ 过小,则 H^+ 与 Cl^- 电荷守恒,同时还存在 $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = K_w$ 。常温下当用试纸检测洗出液接近中性时(假设),即 $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,此时洗出液中的 $c(\text{Cl}^-) = c(\text{H}^+) = 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,由此可认为无 Cl^- 存在,即 Cl^- 被洗净了。因此,试纸法可以间接地说明当洗出液接近中性时,体系中基本无 Cl^- ,即洗涤完成。显然这种做法是一种创新思维,是用化学反应原理来判断洗涤是否完成,做到了实验操作与化学反应原理的有机融合。

“因果解释问题”是高考化学实验题中典型的、时尚的设问,是目前考查考生思维水平和关键能力的最佳题型。解答这类试题时,首先分类,然后各个击

破。对于第三种类型,要思路清晰,推理严密,以化学反应原理、物质结构与性质为抓手,以逻辑思维为主线,以反证法、假设法为辅助线,有的放矢地找出与已知条件(外因)、已知事实(结果)有关的内因,厘清“外因—内因—结果”一条龙,这条龙中的“内因”就是该类型问题的答案。

化学是一门以实验为基础的自然科学。学化学,就要从化学实验开始,学习化学思维。考化学,必然要考化学实验。没有实验,就不是化学。于是在高考化学学科复习中,要以化学实验为中心,再深入到各个领域。坚持不断研究新高考化学实验命题原则和趋势,始终以提高化学思维为统领,不断提高考生的关键能力,使考生的化学学科核心素养水平得到提升,使高考化学复习备考沿着正确的方向推进。

(本文编辑:青 风)

也提出了以下教学策略:“①整体规划实验及探究教学,发挥典型实验探究活动的作用。②选取真的、有意义的、引发学生兴趣的探究问题。③改变学生简单动手做实验的现状,强调高级思维过程。”通过分析,我们不难发现:高中化学实验教学的培养目标主要是强调学生动手能力和高阶思维能力的培养。

目前,高中化学实验专题复习课的教学仍然以学做题、教师讲解为主,这种复习方式比较浅层,难以达到深度学习的效果。在学习过程中,学生主要以被动接受为主,缺乏主动思考的过程,问题意识不强,难以对制备类实验形成总体认识,只会机械答题,对于陌生的实验情境,不能将所学知识进行灵活运用。长期以来,学生的动手能力较弱,创新意识和科学探究等高阶能力也不能得到很好的发展,难以实现培养学生高阶思维能力的目标。因此,在实验专题复习课中,引入学生实验,将各种知识进行有机整合,引导学生对实验原理、实验过程进行深入思考,既有利于学生动手能力的培养,同时也注重学生高阶思维的发展。

二、教学思想与创新点

胡久华等将化学学科深度学习界定为:在教师引领下,学生围绕具有挑战性的学习主题,开展以化学实验为主的多种探究活动,从宏微结合、变化守恒的视角,运用证据推理与模型认知的思维方式;解决综合复杂问题,获得结构化的化学核心知识,建立运用化学学科思想解决问题的思路方法,培养学生的创新精神和实践能力,促进学生核心素养的发展^[2]。深度学习强调学生能将信息与知识有效整合,从而促进知识结构化的建构,在学习过程中注重充分的反思和深度思考分析。本节课选用了2022年全国乙卷第27题——二草酸铜(Ⅱ)酸钾的合成为主题,深入讲解了制备类实验的考查方向和思考模式。该合成实验易在高中阶段完成,并且涉及的仪器、操作等也较为常见,同时,该实验不仅有常规制备类实验的操作,还涉及晶体的析出操作,可与结构知识进行融合,有利于学生建立各知识点的联系,从而促进知识的结构化。在教学中,结合实验原理和步骤,教给学生如何去想、去做,从而真正培养学生发现问题与提出问题

的能力和批判性思维。本节课共分为四个环节,承载着不同的教学目标,四个环节环环相扣、层层递进,最终发展学生对制备类实验的深入认识。每个环节的具体设计思路和发展要求如下:

环节1:通过实验探索情境,让学生感受到实验对于化学学习的重要性,进一步认识“化学是一门以实验为基础的科学”。通过真实的操作,让学生体会理论与实践之间的差别,培养学生发现问题、解决问题的能力,同时,实验题的考查有“没有真实实验体验,难得高分”的趋势,即强调学生实验的重要性。在本节课中,学生在理论学习中已掌握结晶的必备知识——在蒸发浓缩过程中,当出现晶膜时停止加热,但是在实际的操作过程中,学生可能看不到晶膜的出现或者不清楚晶膜的样子,因此,不知道浓缩到何时可以停止加热,导致出现的现象不同,更体现了“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”。

环节2:通过对实验原理、操作的深度思考,培养学生提出问题、分析问题、解决问题的能力。学生不是不想思考,而是不会思考,更不知道应该从哪些角度思考。在本节课中,通过教师的提问,让学生体会实验题的思考角度,即结合原理、装置和操作等,经常问“是什么”和“为什么”。通过深度思考的过程,学生对这类题目的考点也会更清晰,同时也诊断了学生对必备知识的掌握程度,以及关键能力的发展水平。

环节3:通过梳理本节课的学习内容,让学生明确制备类实验的总体目标是提高产品的“质”和“量”,实验装置和步骤也都是围绕这两个目标进行设计,因此,在对实验题进行分析和思考时,应重点从这两个角度入手。

环节4:通过学生动手实践的过程,培养学生的实验操作能力,同时分析实验过程中出现的问题并命制试题,促进学生深度思考,检验学生对制备类实验考查的掌握程度。

三、教学与评价目标

1. 教学目标

根据对教学内容和新课标相关内容的分析,结合学生的学习情况,本节课的教学目标如下:①通过真实的实验操作过程,初步形成“发现问题—解决



问题”的思维方式;②通过自主探索实验制备过程中的相关问题,进一步培养深度学习能力;③通过课后实践自制肥皂的家庭实验,深度思考实验中的问题并自主命题,最终建构“实践(或基于实践)—提出/发现问题—解决问题”这一实验类专题的思维模型。

2. 评价目标

根据教学目标,本节课的评价目标如下:①通过对实验原理的梳理,实验操作的点评,诊断并发展学

生“发现问题—解决问题”的能力;②通过实践“结晶”的具体操作,诊断并发展学生动手操作的能力,以及对“蒸发浓缩、冷却结晶”这一操作方法的理解水平;③通过对实验深度思考,诊断并发展学生“提出问题—解决问题”的思维能力水平;④通过对自制肥皂实验进行命题,诊断并发展学生“实践(或基于实践)—提出/发现问题—解决问题”的能力水平。

3. 教学与评价思路

具体的教学与评价思路见图1。

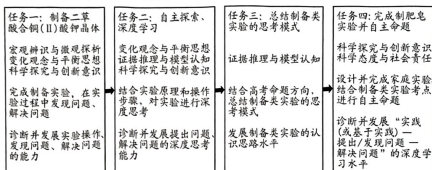


图1 教学与评价思路

四、教学实录

1. 制备二草酸铜(Ⅱ)酸钾晶体——纸上得来

终究浅,须知此事要躬行

[引入]二草酸铜(Ⅱ)酸钾可用于无机合成和功能材料的制备,2022年全国乙卷第27题以该物质的制备过程为情境,考查了实验过程中的相关知识。今天,我们按照2022年全国乙卷第27题的步骤,一起来制备二草酸铜(Ⅱ)酸钾晶体,并通过这个实验深入学习制备类实验的考查方式。

[教师提问]制备之前请大家先思考一下:制备类实验的目标是什么?仅仅是制备出产品吗?

[学生回答]制备出的产品产量高、纯度高,方法简单。

[教师小结]制备类实验的目标是合成“质”“量”兼备的产品。这里的“质”是指纯度、外观,比如晶体的颜色、晶态等;“量”是指产率。

[活动1]厘清实验原理。

本实验采用CuO和KHC₂O₄反应的方法制备二草酸铜(Ⅱ)酸钾|K₂[Cu(C₂O₄)₂]。请写出该反应的化学方程式。

[学生]CuO+2KHC₂O₄=K₂Cu(C₂O₄)₂+H₂O。

[活动2]选择实验仪器和药品。

仪器:烧杯、酒精灯、玻璃棒、药匙、抽滤装置、磁力加热搅拌器、蒸发皿等。

药品:CuSO₄·5H₂O固体、H₂C₂O₄·2H₂O固体、K₂CO₃固体、NaOH固体。

[教师讲解]本次实验需要用到抽滤装置,包含布氏漏斗和抽滤瓶,抽滤瓶旁边的支管连接抽真空装置,上面接水龙头,抽真空装置的原理是水流通过中间的细管,使装置内的压强减小,加快过滤速度,水流通过越大,瓶内气体压强越小,过滤速度越快(见图2)。同时,抽滤因为压强差的原因,液体也更容易完全滤出,使得到的滤渣也更易干燥。

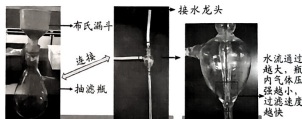


图2 实验装置

[活动3]明晰实验步骤。

步骤1. CuO的制备。

取已知浓度的CuSO₄溶液,搅拌下滴加足量

NaOH 溶液,产生浅蓝色沉淀。加热,沉淀转变为黑色,过滤。

[教师提问]因为时间和场地的原因,老师已经帮大家把前面的步骤在实验室完成并录制了视频,等会最关键的一步由大家在课上完成。请同学们仔细观看老师的操作,并深入思考在这一步中存在什么问题?是由于什么原因造成的呢?该如何解决呢?

学生观看教师演示实验。

[发现问题]滤液中含有较多黑色沉淀 CuO。

[解决办法]制得的 CuO 粒径较小,使用双层滤纸。

[展示]使用一层滤纸和两层滤纸的区别:两层滤纸对漏斗空隙的遮盖力更强, CuO 更难透过滤纸。

步骤 2. KHC_2O_4 的制备。

向 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液中加入适量 K_2CO_3 固体,制得 KHC_2O_4 和 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 的混合溶液。

[观看教师演示实验]一次性加入 K_2CO_3 固体。

[发现问题]一次性加入 4.4 g 无水 K_2CO_3 固体导致反应过于剧烈,引起喷溅。

[解决办法]少量多次加入。

[观看教师演示实验]少量多次加入 4.4 g 无水 K_2CO_3 固体。

步骤 3. $\text{K}_2\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ 的制备。

将步骤 2 中制得的混合溶液加热至 $80 \sim 85^\circ\text{C}$, 加入步骤 1 中生成的黑色沉淀。全部溶解后,趁热过滤。

[教师提问](1) 如何控制加热温度在 $80 \sim 85^\circ\text{C}$?

(2) 为什么要趁热过滤?

[学生回答]水浴加热,防止晶体析出。

[教师追问]趁热过滤是为了提高产品的“质”还是“量”?

[学生回答]同时提高“质”和“量”。“趁热”操作是为了提高“量”,“过滤”操作是为了提高“质”。

[教师讲解]“趁热过滤”的操作不仅要求溶液是热的,同时还要对过滤装置进行热处理,或者选择热过滤漏斗。

[图片展示]使用未热处理抽滤装置和热处理抽滤装置后,滤纸上的晶体对比(见图 3)。

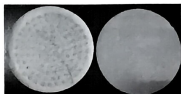


图 3 实验现象

学生观看教师演示实验。

步骤 4. 晶体的析出。

将步骤 3 的滤液用蒸汽浴加热浓缩,经一系列操作后,干燥,得到二草酸合铜(Ⅱ)酸钾晶体。

[教师提问]得到该晶体的操作方法是什么?

[学生回答]蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥。

[小组实验]将试剂瓶中的液体利用倾法全部加入蒸发皿中,进行蒸发浓缩、冷却结晶操作。请记录自己的小组编号。(注:本次实验采用酒精灯直接加热浓缩。)

2. 自主探索、深度学习——学而不思则罔,思而不学则殆

[教师提问]根据实验原理、步骤、操作,你对该实验还能提出或发现哪些问题?

[学生提问]这个实验使用的是 CuO 和 KHC_2O_4 反应,能不能使用 $\text{Cu}(\text{OH})_2$?

[教师追问]这个同学是根据反应的原理提问,问得非常深度,有没有哪位同学能帮忙解答一下呢?

[学生回答 1]我觉得可以,因为本质上是利用草酸氢根离子电离出的氢离子与氧化铜反应生成铜离子,氢氧化铜也可以和草酸氢根离子电离出的氢离子反应生成铜离子。

[学生回答 2]我认同他的说法,但是氧化铜比氢氧化铜好一些,前面第一步的视频中,我观察到制备的氢氧化铜沉淀是絮状的,后面又需要把沉淀滤出后,再和草酸氢钾反应,如果使用氢氧化铜的话,那过滤的时候一是过滤得比较慢,二是有一部分氢氧化铜会损失,最终造成产量下降。

[教师总结]这两位同学的发言都非常精准,既从原理上进行了分析,又从实验过程的实际情况进行了分析,并且第二位同学观察实验现象非常仔细,看到了氢氧化铜是絮状沉淀,请大家为他们鼓掌!还有



没有同学发现或者提出新的问题呢?

[学生提问]步骤3中,反应温度控制在80~85℃的原因是什么?

[学生回答1]温度低于80℃,反应速率慢;温度高于85℃,KHC₂O₄易分解。

[学生回答2]温度低于80℃,还可能导致K₂Cu(C₂O₄)₂析出,高于85℃,还可能会是K₂Cu(C₂O₄)₂分解。

[教师补充]K₂Cu(C₂O₄)₂分解温度约为260℃,所以我们这里考虑KHC₂O₄分解更为合理。

[教师提问]在步骤2中,当 $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4):n(\text{K}_2\text{CO}_3)=1.5:1$ 时,该反应的化学方程式该如何书写?

[学生回答] $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 = 2\text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{CO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

[教师提问]在步骤4中,为了提高产品的“量”,有哪些方法可以加快晶体的析出?为了提高产品的“质”,如何形成较大、形状较好的晶体?

[学生回答1]使用冰水迅速冷却,加入晶核、用玻璃棒摩擦烧杯内壁,加入乙醇等极性较小的溶剂、搅拌等方法都可以加快晶体的析出速率。

[学生回答2]如果想要形成较大、形状较好的晶体,需要控制结晶速率,如缓慢冷却、不要搅拌等。

[教师补充]在选择性必修2课本第93页“明矾晶体的制备”中提到,保证溶液和容器的纯净度,晶核悬挂在溶液中央,不要触碰杯底、杯壁或者离液面太近等操作也可以得到较大、形状较好的晶体。使用蒸馏水洗净仪器,是防止杂质影响结晶的纯度,也会影响结晶的速率和性质。晶种悬挂在溶液中央位置,有利于离子对称地扩散、溶解与结晶,有利于获得外形对称性较好的晶体。离杯底太近,会与沉底晶体生长在一起,离液面太近或者杯壁太近,也会造成同样的结果,使晶体形状不规则。同时,刚才第一位同学提到的用玻璃棒摩擦试管壁可以加快晶体的析出,其原理是通过摩擦,可在烧杯内壁产生微小的玻璃微晶^[5]来充当晶核,容易诱导结晶,这与加入晶种来加速结晶的原理是一样的。

[小组成果展示]时间差不多了,我们一起来看看看大家刚才冷却结晶析出的晶体(见图4)。



图4 实验现象

[教师讲解]有的组得到的是深蓝色针状的晶体,有的组得到的是浅蓝色片状的晶体。这是因为每个组的同学在加热操作时,浓缩的程度不同,其中,浓缩程度高的会得到浅蓝色片状的晶体,浓缩程度低的则会得到深蓝色针状的晶体。除此以外,影响晶体形态的因素还有溶液浓度、样品纯度、溶剂、pH、温度等。

[教师提问]这是老师得到的晶体(见图5),和同学们的相比要大很多,请同学们结合刚才的讨论,分析一下为什么你们析出的晶体要小很多呢?



图5 实验现象

[学生回答]我们刚才蒸发浓缩的时候一直在使用玻璃棒搅拌。

[教师讲解]不错,老师在进行蒸发浓缩时,没有使用玻璃棒搅拌,而且老师蒸发浓缩的时间很短,溶液的温度也不算高,现在是冬天,天气很冷,所以在冷却结晶时,温差较小,相对于你们的结晶过程,我的冷却速率要慢一些,所以析出的晶体也要大很多。

[教师提问]除了得到针状的晶体外,大家仔细观察这一部分(见图6),在针状晶体的下面还有一些天蓝色片状的晶体析出,这又是什么呢?



图6 实验现象

[学生回答]可能是烧杯底部的洁净度不够,所以同时析出了两种晶形。

3. 总结制备类实验的思考模式——欲穷千里目,更上一层楼

[教师讲解]2022年全国乙卷第27题围绕刚才的实验原理和操作,考查了以下七个问题,包含实验仪器的选择、实验现象的变化及原因、陌生方程式的书写、实验条件的控制以及实验操作等,结合我们刚才对该实验的深度思考以及本题的考查方向,请同学们小组讨论,思考我们在做制备类实验题的思考方向

是什么?制备类实验的目标、实验操作和装置的目的、制备类实验的考查内容分别是什么?

[学生回答]制备类实验的总体目标是寻求产品“质”和“量”的提升,实验操作和装置的目的也都是围绕这一目标进行的,制备类实验的考查方向主要是涉及实验原理的方程式书写、实验仪器或者实验操作的目的、具体的实验操作等。

[学生补充]在具体的实验过程中,产品的“质”和“量”有时候鱼与熊掌不可兼得,此时就要根据我们的需求进行取舍。比如刚才老师析出的晶体外形很大,但是其浓缩程度不高,相当于就是为了提高“质”,而牺牲了“量”。

[教师补充]两位同学的回答都非常棒!通过梳理制备类试题的考点,我们不难发现:这类题目就是围绕原理、操作等内容进行“是什么”和“为什么”等必备知识和关键能力的考查。在后面的实验题复习中,如果同学们能多根据原理、操作进行深入的思考,多问问“是什么”和“为什么”,我相信在制备类实验题模块一定会有很大的提升。

4. 课后作业——学思践悟,以知促行

【以知促行】查阅资料,完成选择性必修3第80页的研究与实践活动,自制肥皂。

【学思践悟】结合实验题常见考点,根据实验原理和操作,深度思考,命制一道实验题。

命题要求:

(1)设问需有意义,所考查知识点不能超过所学范围。

(2)考点设问需有梯度和重点。

(3)设问角度可发散思维,进行创新。

(4)命制的题目需给出参考答案。

五、教学效果及反思

传统的实验复习课以常见考点的答题模板总结为主,如不同装置气密性检查的方法、通 N_2 或惰性气体的作用等,虽然可以有效提高学生的分数,但对学生综合实验能力的培养较为欠缺,在面对一些陌生装置或操作时,学生往往无从下手,不知道该如何从哪些角度进行思考。对于已知的实验方案和实验操作,往往不知如何评价和改进。本节课以2022年全国乙卷第27题——二草酸合铜(Ⅱ)酸钾的合成主题,带领学生总结出制备类实验的思考模式:①制备类实验的

目标是提高产品的“质”(纯度、外观)和“量”(产率);②实验操作和装置的目的是寻求产品“质”和“量”的提升;③制备类实验的考查内容是围绕目标、操作、装置进行“是什么”和“为什么”提问。通过对思考模式的总结,学生明晰了对制备类实验的思考方向,同时对制备类实验的设计思路会理解的更加深入,有助于学生实验能力的培养。

本节课的标题为“学思践悟、以知促行”,整节课中,学生通过学习、思考、实践、领悟,对制备类实验进行了深度的学习,并在课后“以知促行”,利用本节课所学的知识制备肥皂。本节课以陌生物质的制备为载体,使用教师演示实验与学生小组实验相结合的复习模式,极大地激发了学生的学习热情。通过真实的实验操作,让学生对“结晶”这一步骤有更深入的理解和认识,同时,通过学生与教师制备出晶体的颗粒大小和形状的区别,让学生更直观地认识到课本内容对实际操作的指导意义。对实验过程进行深入思考这一教学环节的设计,教给了学生关于制备类实验的思考方向,促进了学生的深度学习,发展了学生的思维能力和创新能力,进而培养了学生的高阶思维。每个环节的副标题采用了诗词的形式,在后续探究如何提高产品“质”和“量”的问题时也提到了“对立与统一”的哲学思想,整节课穿插了与语文、哲学学科间的融合,有利于开阔学生视野,增进学生对知识的理解和掌握,提高学生的综合能力。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)[S]. 北京:人民教育出版社,2020.
- [2] 胡久华. 以深度学习促核心素养发展的化学教学[J]. 基础教育课程,2019(Z1):70-78.
- [3] 赵新华. 无机化学实验[M]. 4版. 北京:高等教育出版社,2014:245-247.
- [4] 任艳平,吕银云,董志强. 在基础化学实验教学过程中如何培养学生“想”的意识——以“经典合成实验”教学为例[J]. 大学化学,2018,33(9):55-61.
- [5] 人民教育出版社. 普通高中教科书 教师教学用书 化学选择性必修2 物质结构与性质[M]. 北京:人民教育出版社,2022:136.

(本文编辑:蓝 风)

本文彩色图片可参见《中学化学教学参考》微信公众号。