

浅谈学习进阶视域下的实验教学

——以“空气中氧气含量的测定”为例

王 振^{1,2}, 张明月³, 胡志刚¹

(1. 福建师范大学, 福建福州 350007; 2. 厦门大学附属实验中学, 福建漳州 363123;

3. 漳州市普通教育教研室, 福建漳州 363000)

摘要: 借鉴学习进阶理论应用于实验教学,把“空气中氧气含量的测定”实验教学划分为从低到高的四个阶段(原点阶段;相关知识点阶段;知识网连接阶段;知识网拓展阶段)。从点燃方式的改进和反应物的选择,介绍知识网连接阶段;从实验的拓展和迁移,介绍知识网拓展阶段。进阶式实验教学能激活学生创新思维,提升实验教学质量,促进实验的深度学习,进一步改进教学关系。

关键词: 学习进阶理论; 实验教学; 空气中氧气含量的测定; 实验创新

文章编号: 1005-6629(2018)4-0050-07

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

学习进阶(LPs)理论^[1~2]认为学科知识和技能的学习是分阶段和有明确路径的。学习进阶作为改善学生认识思维发展,促进知识整合及深层理解的一项研究成果,在国外已有十余年的研究历史,而我国正处于刚刚兴起阶段^[3]。在国内化学学科基础教育研究文献中,研究者大多从初中、高中和大学教材涉及的核心概念和原理的衔接进行研究^[4~8]。本文借鉴学习进阶理论,尝试应用于实验教学,把实验划分为由低到高的学习进阶阶段,逐步激活学生的思维,渗透创新能力的培养,提升实验教学的质量,最终达到培养学生核心素养的目标。

“空气中氧气含量的测定”是初中生首次从化学的视角研究身边熟悉的事物,这为物质的分类做了铺垫,也为后续系统化的研究物质奠定了基础,所以教材中往往把这个实验放在比较靠前的位置。以人教版义务教育教科书《化学》^[9]为例,“空气中氧气含量的测定”被安排在第二单元的课题1中,是学生学习科学探究后的第一个严格意义上的探究实验,而且是第一次量化测量看不见的气体,需要借助物理学压强知识,把不能看到的实验结果转化为可以看到的实验现象。但受制于学生刚接触化学、化学知识尚且匮乏、课堂教学时间有限和教学进度的要求等影响,实验创新往往是局限于教师演示实验,学生实验创新却无从下手。按进阶式的实验教学,教师有意

识地在教学不同阶段中逐步渗透实验创新思想,潜移默化地影响和调动学生的创新意识。复习实验时,当学生跃跃欲试,教师可提供学生动手的机会,促进实验的深度学习,进而引导学生从一个实验的研究迁移到一类问题的研究上,引导学生向高阶思维发展。

1 “空气中氧气含量的测定”的学习阶段

结合初中生特点和初中化学课程的内容,拟出从低到高四种阶段和相关内容,见表1。水平1是原点阶段,主要让刚接触化学的学生体验科学探究过程,理解和掌握测量空气中氧气含量的原理和方法,熟悉基本的化学实验技能和方法,端正学习化学的态度。水平2是相关知识点学习阶段,主要对其他章节相关知识点的学习,相关知识点越丰富越熟练,对后面知识的实验创新和融合越有利。水平3是知识网连接阶段,把前两种水平中孤立、零碎和局部化的知识进行整合,引导学生积极主动地为解决问题搭建知识网,激活学生的创新意识。水平4是知识网拓展阶段,完善知识网络化体系,进一步提高实验能力和创新能力,侧重于方法原理的迁移和归纳。水平1、2,属于常规教学范畴,囿于版面限制不再赘述。

2 “空气中氧气含量的测定”知识网连接阶段的实验创新综述

教材中测定空气中氧气含量的实验,见图1。实际操作中,氧气往往达不到占空气体积1/5的

表1 “空气中氧气含量的测定”实验的不同学习水平和阶段

水平	阶段	预期水平	“测量空气中氧气含量”相关实验举例
水平1	原点阶段 ●	初步接触和体验测量物质含量的化学实验,理解测量空气中氧气含量的原理;经历和体验科学探究活动,激发学习化学的兴趣,增进对科学的感情;通过实验了解空气的成分,知道混合物和纯净物的概念。	化学史拉瓦锡测量空气中氧气含量的经典实验;教材中仿照拉瓦锡实验原理的红磷燃烧“测量空气中氧气含量”的实验,以及相应的改进实验。
水平2	相关知识点阶段 ● ● ● ●	其他章节相关知识点的学习和掌握,如燃烧条件、消耗氧气的化学反应(铁生锈,铜氧化等)。其他章节相关知识点习题的思维启发和拓展提高,实验延伸和拓展,并逐步加深对科学探究实验一般过程的了解。	第二单元课题2氧气、硫、炭、铁丝燃烧消耗氧气不能用作测量空气中氧气含量的原因;第五单元课题1质量守恒定律,白磷燃烧前后质量的测定实验,以及点燃方式的启示;第七章课题1燃烧和灭火,白磷和红磷燃烧条件探究及空气中氧气含量测定的组合实验 ^[10] 等。
水平3	知识网连接阶段 ● ● ● ●	通过对原有实验的复习,激活学生的思维,把学生认知中孤立的知识点进行连接,运用于改进和优化实验,知道科学探究可以通过实验、观察等手段获取事实和证据。认识科学探究的意义和基本过程,能进行简单的探究活动,增进对科学探究的体验 ^[11] 。	参与科学探究,经历知识的建构和思维的激发过程,结合实验误差,再次思考评价和改进实验(基于燃烧条件改进点燃方式和基于消耗氧气选择反应物等,详见下文)。
水平4	知识网拓展阶段 ● ● ● ● ● ● ● ●	认识实验在化学探究和化学学习中的重要作用,提高化学实验能力 ^[12] 。通过实验的创新拓展知识面,提高创新实践能力。从对气相混合物中特定物质的测量,迁移拓展到固相混合物、液相混合物中特定物质的测量。	第八单元课题3金属资源的利用和保护,固相混合物中含杂质的实际生产中原料和产量的计算;第九单元溶液,液相混合物中某种溶质含量的测定和计算;第十单元中和反应,把无明显现象的中和反应转化成能看见的现象(指示剂)或图像(中和滴定曲线)等。

理想值,除了装置气密性因素外,主要存在三方面的不足:(1)点燃方式:点燃燃烧匙里的红磷,伸入集气瓶到塞好瓶塞,瓶内空气会因受热而逸出部分空气,从而使实验产生误差。(2)药品选择:教材里选择的是红磷燃烧的方法,红磷是学生陌生的药品。(3)环保角度:药品用量多浪费药品,且红磷燃烧生成的五氧化二磷,易与水蒸气结合生成有毒的偏磷酸,污染环境,危害师生健康。

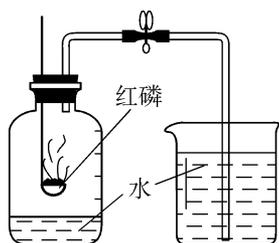


图1 教材中测定空气中氧气含量的装置

2.1 基于燃烧条件改进点燃方式

人教版第七单元课题1中燃烧条件:①达到

燃烧所需的最低温度(着火点);②可燃物;③氧气。根据燃烧的条件,改进点燃方式,在密闭的条件下点燃红磷,避免在开放体系下点燃红磷造成的污染和误差。通过电烙铁或者利用通电后电阻丝发热点燃红磷,见图2。温度只要达到红磷的着火点就可以燃烧,不一定要接触,所以可用激光笔照射点燃红磷,见图3^[13]。

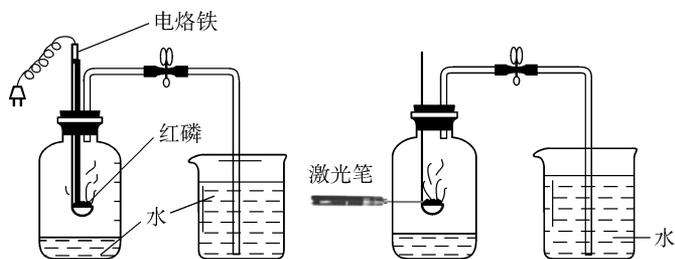


图2 电烙铁点燃红磷

图3 激光笔点燃红磷

把红磷(着火点 240℃)改成着火点更低的白磷(着火点 40℃),点燃的方式更多,如利用放大镜聚焦太阳光点燃,见图4;利用 80℃左右的热热水点燃,见图5;利用金属的导热点燃,见图6。

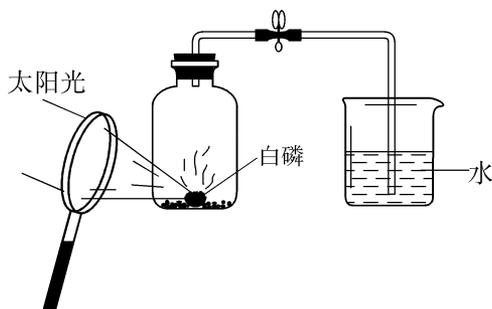


图4 太阳能点燃白磷

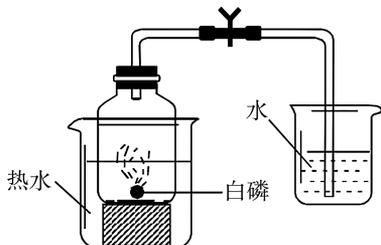


图5 热水点燃白磷

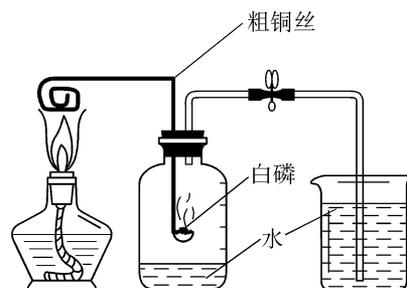


图6 金属导热点燃白磷

2.2 基于消耗氧气选择反应物

空气中氧气含量的测定原理：氧气减少的体积等于倒吸进入瓶中水的体积。学生的认知中可以消耗氧气的方式有：燃烧消耗氧气；动植物呼吸作用；铁生锈等。课本选择红磷燃烧测定空气中氧气的含量，是因为红磷燃烧消耗氧气而不产生其他气体。实际教学中教师常强调药品不能选择炭、硫磺的燃烧，经过大量的习题强化训练往往形成思维定势。某种程度上，化学就是用思维和实验结合的方法研究物质的科学，复习中需要引导学生用已经学习的知识再次思考反应物的选择，培养学生的科学思维和创新意识，避免形成思维定势。以下提供四种不同的反应物来测量空气中氧气含量。

选择一：蜡烛燃烧法

常规的思路是石蜡燃烧消耗了氧气，但生成了二氧化碳气体，因而不能用来测量空气中的氧气。突破思维定势，利用蜡烛燃烧消耗氧气，生成

的二氧化碳气体用氢氧化钠溶液来吸收，以水面上升的高度测出氧气的体积^[14]，见图7。

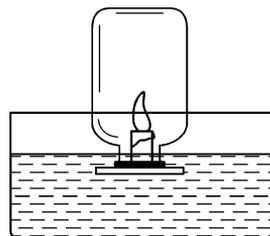


图7 蜡烛燃烧法

选择二：铁吸氧腐蚀法

常规思路是不能利用铁丝的燃烧来测定空气中氧气的含量，因为铁丝在空气中无法燃烧。目的是测定氧气的含量，不一定非要燃烧起来，只要物质能耗尽氧气就可以。选择用4 mL 1 mol/L食盐水润湿的滤纸贴在250 mL广口瓶内侧，把2.0 g还原铁粉和2.5 g活性炭粉搅拌混匀。把广口瓶横放，一边转动，一边将铁粉和炭粉的混合物倒入广口瓶内壁，尽可能使其均匀地附着在内壁的滤纸上。盖上瓶塞，约4分钟后打开止水夹，会看到水倒吸进入广口瓶约1/5处^[15]，见图8。

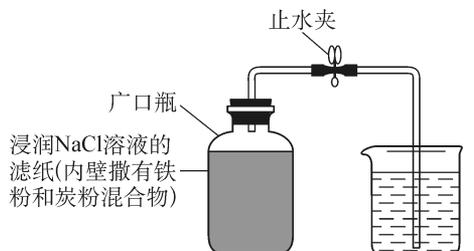


图8 铁的吸氧腐蚀法

选择三：种子呼吸法

在以往生物课的学习中，学生已经知道种子萌发的过程中呼吸需要消耗大量的氧气，产生二氧化碳。用25粒左右萌发的种子放在带孔的隔板上，隔板下放有一定量浓的氢氧化钠溶液，利用氢氧化钠溶液吸收种子呼吸释放的二氧化碳，引起压强差使水倒吸进入瓶中，也可以用来测量氧气的含量，见图9。

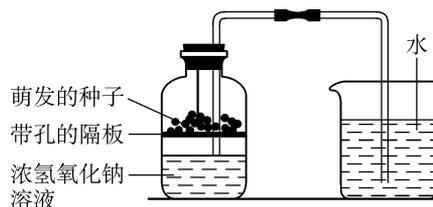


图9 种子呼吸法

选择四：自制耗氧物质法

化学是一门研究物质的科学,它的魅力在于不仅能合成自然界已有的物质,而且能合成自然界没有的物质,通过物质的合成服务、造福于人。通过实验合成易吸收氧气的物质(多硫化物或焦性没食子酸等),使用这些物质来测定空气中氧气的含量。如自制多硫化钠测定空气中氧气含量^[16],取 1 g NaOH 和 1 g 硫磺粉充分研磨后加热,发生化学

反应: $6\text{NaOH} + (2x + 2)\text{S} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Na}_2\text{S}_x + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$,待冷却后,取约 0.5 g 混合药品于试管中,向试管中加入约 10 mL 水,盖上橡皮塞在试管外作个标记,发生化学反应: $2\text{Na}_2\text{S}_x + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2x\text{S} \downarrow + 4\text{NaOH}$ 。振荡试管约 1 分钟后,把试管在水槽中拔下橡皮塞,水倒吸上来,在试管上做个标记,氧气含量 = $\frac{h_1 - h_2}{h_1} \times 100\%$,见图 10。

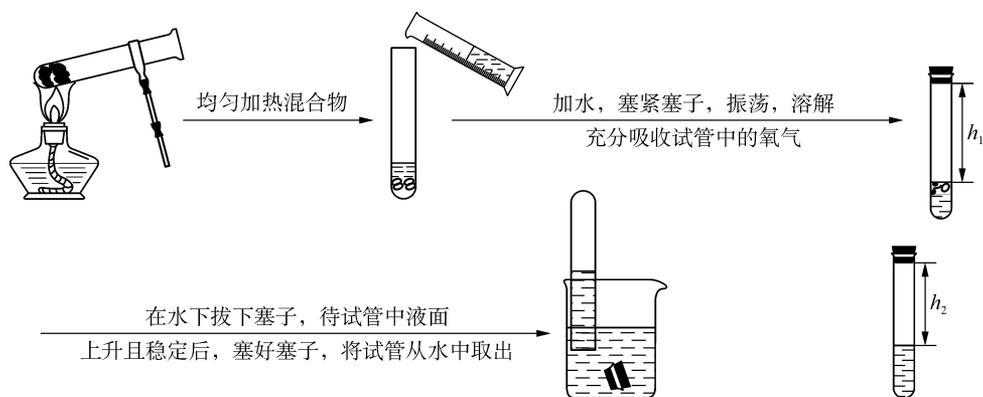


图 10 多硫化钠测空气中氧气含量的操作示意图

3 “空气中氧气含量的测定”知识网拓展阶段

3.1 “空气中氧气含量的测定”实验的拓展

实践是检验真理的唯一标准。实验操作的体验感,历经艰难解开真理面纱的过程和得出实验成果的喜悦,就是化学学科独特的魅力所在。鼓励学生敢于改进实验,在学生想到可行的、创新的想法和方案跃跃欲试时,教师要给予肯定并提供

相应的帮助。如学生用“热贴”中的铁粉改进实验,一组用注射器(注射器由于具有刻度、密封性、可加压可减压等性能,常用于改进实验、微型化实验、定量化实验等方面)改进,另一组用矿泉水瓶(矿泉水瓶由于具有透明、密封、质软、受外力易形变等特点,常用于初中化学实验^[17])改进实验,见表 2。

表 2 学生改进实验方案

组别	实验操作	装置图	实验现象	实验结论
1	① 取刚打开的“热贴”粉末,加入到 162 mL 大试管中,盖上橡胶塞。 ② 冷却至室温后,用吸有 50 mL 水的注射器插入橡胶塞,待液面不再变化时读出注射器上的读数。		手摸试管会有发热的感觉。冷却至室温后,注射器插入到橡皮塞就看到有水流出,读出注射器中剩余水量为 22 mL。	氧气含量 = $(50 - 22)\text{mL} / 162\text{ mL} \times 100\% = 17\%$
2	① 往 350 mL 矿泉水瓶中倒入“热贴”粉末,盖紧矿泉水瓶盖。 ② 冷却至室温后,把变瘪的矿泉水瓶放到盛有一定量水的水槽中,在水下打开瓶盖,矿泉水瓶形状复原后,在水下盖上瓶盖,测量水槽中减少的水量。		矿泉水瓶变瘪。在水下打开变瘪的矿泉水瓶,矿泉水瓶形状复原,并有一定量的水倒吸进入瓶中,测量水槽中减少的水量为 52 mL。	氧气含量 = $52\text{ mL} / 350\text{ mL} \times 100\% = 15\%$

对比两种实验结果,发现实验结果和理论值相差很大。以矿泉水瓶的误差为例,学生做出一些猜想:

猜想 1: 装置气密性不好,瓶盖没有盖好。补救措施: 装好药品后,立即盖紧瓶盖。

猜想 2: 变瘪后的矿泉水瓶在水槽中没有完全复原。补救措施: 换成硬度更好的矿泉水瓶,复原后再移出水槽。

猜想 3: “热贴”中物质不能将装置内的氧气消耗光。补救措施: 教师借助于数字化的 O_2 传感器协助学生再次探究“热贴”粉耗氧量,11 分钟时,氧气含量降为 0.7%。

3.2 “空气中氧气含量的测定”实验的迁移深度学习“空气中氧气含量的测定”实验,进

而拓展到测定混合物中某种物质含量的一般研究思路,见图 11。首先要掌握各成分相关物质的性质,利用待测物和其他成分性质的差异,选择相应的方法分离或转化某一成分,进行测量得到间接量,最后借助仪器和计算等把间接量转化为可视化的数据,从而得出混合物中某成分的含量。教师引导学生归纳气相混合物中组分含量测定的方法,迁移到初中阶段其他相态组分含量的测定,见表 3。又如把测量空气中氧气的一般方法,迁移到如何把看不见转化为看得见的实验(证明盐酸和氢氧化钠中和反应确实发生了;证明二氧化碳确实和氢氧化钠发生了反应;证明分子确实是存在的等),促进学生对实验进行深度学习,并把学习提向高阶层次。

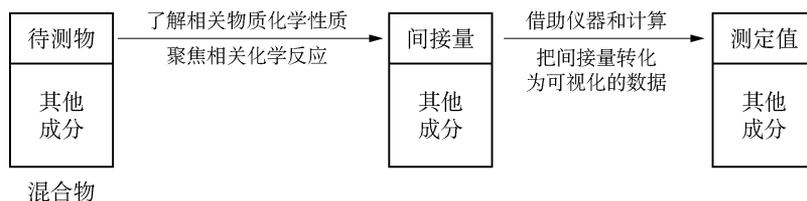


图 11 测定混合物中某组分含量的研究思路图

表 3 初中阶段混合物成分含量的测定

类型	典型实例	组分含量测定的研究思路图	组分含量测定的思路分析
气相混合物成分测定	空气中氧气含量的测定		<p>根据氧气的物理性质,可以选择富氧膜分离技术、氧气测量仪和分离液态空气等,工业上就是利用液氧的沸点(-183°C)比液氮的沸点(-196°C)高,采用分离液态空气大量制氧气,但是在实验室很难达到这种条件。根据氧气的化学性质(助燃性和供给呼吸),消耗掉氧气,借助压强差把看不见的氧气减少量转化为能观察到的量。</p>

续表

类型	典型实例	组分含量测定的研究思路图	组分含量测定的思路分析
固相混合物成分测定	粗盐提纯	<p style="text-align: center;">初中阶段粗盐提纯</p> <p style="text-align: center;">高中阶段粗盐提纯</p>	初中在粗盐提纯的过程中,注重简单的基本实验操作(过滤、蒸发、结晶)的训练和掌握,让学生掌握溶液的组成、溶解度差异分离和简单的计算方法。高中进一步引导学生把滤液中的可溶性微粒(如:Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , SO ₄ ²⁻ 等)逐步转化为沉淀或者气体,再次分离提纯,注重基本实验操作(萃取、分液、蒸馏)的训练和掌握。
液相混合物成分测定	稀硫酸的质量分数		溶液是由溶质和溶剂组成,利用溶质硫酸的性质。硫酸与活泼金属反应产生氢气或与氢氧化钡溶液反应产生沉淀,在利用方程式等把间接的气体量或沉淀量转化为溶质硫酸的质量,进而求出质量分数。高中需要测定多种溶质共存的溶液。

4 思考和启示

4.1 借鉴学习进阶提升实验教学和复习质量

有的教师在新课教学时,教学目标超越了学生最近发展区,为了实验的创新而“创新”,却发现学生呆若木鸡不知教师所云。再如实验复习时,不少教师往往把相关知识点重复强化记忆,大量习题巩固,师生俱疲,事倍功半,学生实验能力也没太大的进步。笔者认为之所以出现这种状况,可能是因为教师忽略了学生的阶段发展规律,忽略了学生已有知识和未知知识的距离,以及怎样建立已知和未知的联系,在实验创新上尤其明显。我们借鉴“学习进阶”理论分阶段地促进知识整合及深层理解,指导学生分阶段的进行实验深度学习,学生创新思维,不断交流碰撞,有时会带来意想不到的收获。

4.2 借鉴进阶理论改进教学关系

进阶理论强调学生发展的阶段性,要想学生

主体性得到最大程度的发挥,离不开教师主导作用的发挥,两者辩证统一于学生的发展。教师主导给学生指明了发展的方向,而且需要教师高瞻远瞩地走在学生发展的前面。学生主体性作用的发挥,需要建立在相应知识体系的基础上,离开相关基本知识的实验“创新”就成了无源之水、无本之木。学生基础知识的掌握需要教师主导,而教师主导是为了学生的主体作用在实验创新阶段有更好的发挥,在实验创新后学生要想进一步获得发展,离不开教师的指引和启发。教师的帮助,不仅能增进师生之间的情谊,而且使实验后的总结和拓展效果更好。

参考文献:

[1] 刘晟,刘恩山.学习进阶:关注学生认知发展和生活经验[J].教育学报,2012,(4):81~87.

[2] 王磊,黄鸣春.科学教育的新兴研究领域:学习进阶研究[J].课程·教材·教法,2014,(1):112~118.

对“测定空气中氧气的含量实验”的教学反思

王刚盛

(嘉峪关市第四中学, 甘肃嘉峪关 735100)

摘要: 针对当前“测定空气里氧气的含量”的实验研究中出现的淡化化学味、夸大实验尾气危害及忽视化学实验的工具属性等倾向, 结合教学实际, 从实验原理探究、实验改进和化学史的教育价值三个方面对课堂教学进行重新定位。

关键词: 氧气含量测定; 实验改进; 化学史教学; 教学反思

文章编号: 1005-6629(2018)4-0056-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

九年级《化学》上册选择空气为主题开始单元教学活动, 开启学生化学之旅, 引导学生进入化学世界探索物质奥秘, 是符合“从学生熟悉的事物入手, 进行科学教育”原则的。因此本课题受到同仁充分的重视, 其中对“空气中氧气含量测定的实验”的研究和改进, 屡现于各类教学竞赛和研究刊物中。但很多教师依然在课堂中会出现各种问题和差错。本文结合教学实际谈谈看法和体会。

1 实验原理

很多教师把本实验原理的探究作为教学难点, 甚至用半节课的时间来分析实验原理, 而学生理解依然困难重重。究其原因是教师不能充分挖掘教材。教材用了近一页篇幅介绍了拉瓦锡的研究方案, 对其方案的剖析就是教学难点最好的突

破口。在引导学生理解大气压强的基础上分析拉瓦锡实验研究的过程, 是很容易理解实验原理、突破教学难点的。对拉瓦锡实验原理的分析, 可以借鉴如拔火罐、钢笔打墨水或注射器吸水等浅显易懂的生活经验作引导, 能很自然地过渡到教材实验设计中的测定原理、实验装置及药品选择等方面。教学中笔者首先在一支装满水的小试管上盖上一张小纸片, 然后倒立试管来让学生感知大气压强的真实存在; 同时组装了如图1装置, 通过拉动注射器吸水来演示拉瓦锡实验原理。

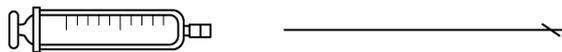


图1 演示拉瓦锡测氧实验原理装置

[3] 童文昭, 王后雄. 学习进阶本土化研究的意义及面临的问题[J]. 化学教育, 2016, (7): 1~5.

[4] 林建芬, 陈允任. 基于学习进阶理论探讨“同分异构体”教学序列的跨学段设计[J]. 化学教学, 2014, (12): 38~41.

[5] 陈允任, 王穗芳, 林建芬等. 基于提升学生科学论证能力的“元素周期律”进阶教学[J]. 化学教育, 2016, (1): 19~24.

[6] 麦裕华. 高中化学氧化还原反应方程式配平技能学习进阶的探讨[J]. 化学教育, 2014, (17): 20~23.

[7] 庄晓文, 姜建文. “电解质溶液”核心概念的学习进阶研究[J]. 化学教学, 2016, (2): 28~32.

[8] 张发新. 以“学习进阶”方式统整“元素化合物知识”的教学[J]. 化学教学, 2014, (10): 34~37.

[9] 王晶, 郑长龙. 义务教育教科书·化学(九年级上册)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2012: 27, 15~18, 47~58.

[10] 付小勤. 白磷和红磷燃烧条件探究及空气中氧气含量测定的组合实验[J]. 化学教育, 2013, (7): 76~79.

[11] 中华人民共和国教育部制订. 义务教育化学课程标准[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2011: 7, 9.

[12] 中华人民共和国教育部制订. 普通高中化学课程标准(实验)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2003: 4.

[13] 刘瑜. 空气中氧气含量的测定实验改进[J]. 化学教育, 2015, (11): 64~65.

[14] 邵蔚. “测定空气中氧气含量”实验创新[J]. 中学化学教学参考, 2014, (12): 51.

[15] 徐泓, 朱敏, 魏名贵. 铁粉吸氧腐蚀系列实验的设计及应用[J]. 化学教学, 2015, (4): 63~66.

[16] 王胤琪. 测定空气中氧气含量的环保创新法[J]. 化学教育, 2011, (11): 67~68.

[17] 王荣桥. 塑料矿泉水瓶在初中化学实验中的应用[J]. 化学教学, 2017, (7): 55~57.