

“测量空气中氧气的体积分数”实验教学

伍海龙

(温州市南浦实验中学 浙江 温州 325000)

摘要:针对“测量空气中氧气的体积分数”实验的疑难问题和教学现状,提炼大概念“测量混合物中某一成分的含量可以将其去除并转化为其他可观察量来实现”统领实验教学。具体流程是“明确大概念,理解实验原理”“落实大概念,明晰实验过程”和“评价大概念,迁移方法应用”。大概念将实验原理、装置建构、结果表达、实验步骤、实验误差分析等零散的知识结构化,促进了学生科学思维和科学探究与实践等科学素养的提升。

关键词:大概念;氧气的体积分数;实验

文章编号:1002-2201(2024)07-0040-03

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

“测量空气中氧气的体积分数”是初中化学的第一个定量实验,教材中实验原理复杂、操作难度大,还存在五等份难划分、红磷伸入集气瓶时会有部分空气逸出、玻璃导管中会有水剩余等导致结论不精确、误差大的情况^[1]。所以,教师往往采取“讲实验”“看实验”来避开实验中的疑难点,让学生记住实验结果和操作,忽视了实验蕴含的科学方法和思维价值。疑难实验的最大价值是其中蕴含的科学方法和科学思维,笔者尝试用大概念来统领“测量空气中氧气的体积分数”实验的原理、操作、误差分析等环节,促进学生深度理解实验。

一、大概念统领下的实验教学设计框架

大概念是反映专家思维的观念,具有统摄性和迁移价值,能够将离散的知识结构化,是促进为理解而教的核心^[2]。“测量空气中氧气的体积分数”的实验装置如图1所示,该实验的实验原理、药品选择、实验步骤、实验结果、误差分析以及实验改进等涵盖了众多离散的知识,它体现的专家思维是:测量混合物中某一成分的含量可以通过将其去除并转化为其他可观察量来实现。这种思维可以统摄实验的实施过程并将离散的知识点结构化,起到大概念作为“车辖”的作用,并且这种大概念思维可以迁移到用其他装置测量空气中氧气体积分数的实验中,甚至是迁移到其他同类别的测量实验中,如“测量石灰石中

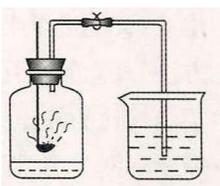


图1 实验装置1

碳酸钙的质量分数”和“测量土壤中空气的体积分数”等实验。许多教师曾经对教材装置做了改进,能够减少误差的发生,但笔者认为,教材装置虽然存在误差大、操作复杂等问题,但实验中蕴含的学科大概念对学生素养的培养至关重要。怀特海曾说,最好的教育就是用最简单的工具获得最大限度的知识,可见,一味地追求先进的仪器并不是实验教学的唯一方向。大概念教学理论认为,理解才是教学最终追求的目标,持续地理解大概念才能形成学科素养。笔者参照李松林的大概念教学设计理念,用大概念统领本节课的教学,具体设计框架如图2所示。

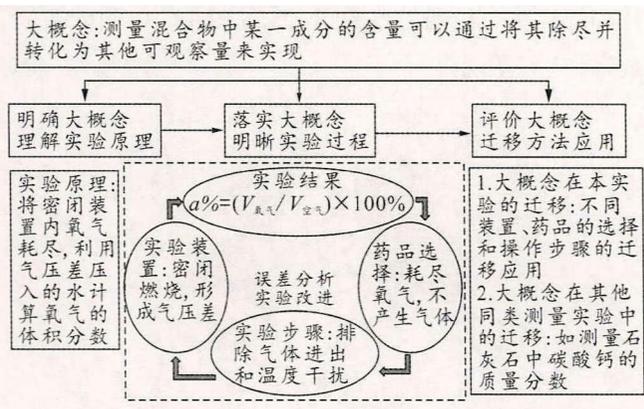


图2 大概念统领下的教学设计框架

二、大概念统领下的实验教学实践过程

“准备”“建构”“应用”“反思”是大概念教学过程的四个组成要素,建构即通过具体案例帮助学生发展对大概念的理解。大概念的建构要不断经历“具体→抽象→具体”的过程,这个过程蕴含着两种不

同的思维方式,即归纳(具体→抽象)和演绎(抽象→具体),它们贯穿于整个大概念教学^[3]。

1. 明确大概念,理解实验原理

教材直接给出实验装置和原理,为什么选择这样的装置却没有说明,从“红磷燃烧”到“集气瓶内外气压差”再到“进入集气瓶中水的体积等于氧气体积”,原理和装置太过复杂,直接教学不符合大概念的理念,也不利于调动学生旧知和激发学习兴趣。基于大概念的教学要素,笔者为学生准备了三个挑战任务,以帮助他们理解实验原理。

【挑战1】向密闭空间注入一定体积的水:

(1)利用图3装置,如何让水进入密封的集气瓶中?

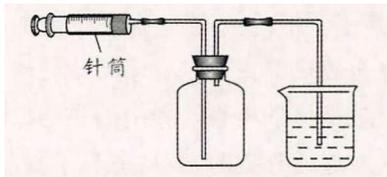


图3 实验装置2

(2)比较注射器抽出的空气体积(V_1)和进入集气瓶中水的体积(V_2)的大小关系,尝试解释原理。

实验小结: $V_1 = V_2$,说明水填补了被抽出的空气的体积。

设计意图:通过实验理解水的体积等于抽出空气的体积,建立等量关系,激活气压旧知。

【挑战2】教师演示木条在空气和氧气中燃烧,请学生解释:木条在两个集气瓶中燃烧的现象为什么不一样?

实验小结:空气主要由氮气和氧气组成,氧气支持燃烧,氮气不支持燃烧。

【挑战3】能否利用图1装置,用燃烧代替抽气,让水进入集气瓶中?进入集气瓶的水等于哪种气体的体积?

实验小结:燃烧消耗氧气,所以进入集气瓶中水的体积等于被消耗氧气的体积。

通过以上三个挑战性任务,引导学生自主探索出测量空气中氧气体积分数的实验装置,并理解实验原理,教师顺理成章地明确了实验大概念,提醒学生本节课的实验装置、实验药品、实验步骤和误差分析要始终聚焦到大概念的理解上来。

2. 落实大概念,明晰实验过程

为落实对大概念的理解,设计教学任务、问题和

反思,从实验结果的表达模型、药品选择、实验步骤、误差分析等维度结构化大概念。

任务1:结合图1,讨论实验结果的表达模型。

图1中,集气瓶中空气的体积记为 $V_{\text{空气}}$ (不含瓶中水的体积),划分为5等份,若燃烧只消耗氧气,冷却到室温后,打开止水夹,进入瓶中水的体积为氧气的体积,记为 $V_{\text{氧气}}$,空气中氧气的体积分数结果表达模型为 $a\% = (V_{\text{氧气}}/V_{\text{空气}}) \times 100\%$ 。

任务2:实验室有如表1所示的药品,选择哪种药品燃烧最合理?为什么?

表1 药品特征表

药品	消耗的气体	燃烧产物
木炭	只与氧气反应	二氧化碳(气体)
镁条	与氧气和氮气都反应	固体混合物
红磷	只与氧气反应	五氧化二磷(固体)

设计意图:通过比较分析,归纳药品选择的原则,即只消耗氧气且不产生新的气体。

任务3:小组讨论,如图4所示实验步骤对 $a\% = (V_{\text{氧气}}/V_{\text{空气}}) \times 100\%$ 的精准测量有何好处?

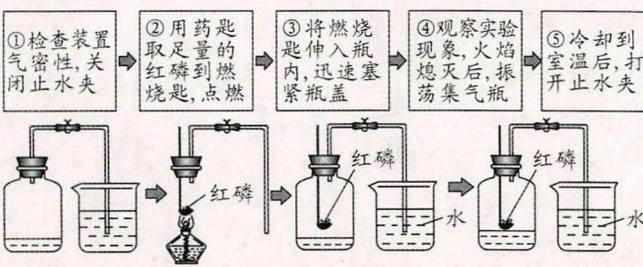


图4 实验步骤

反思1:如果测出来结果刚好是五分之一,测量过程就一定都正确吗?

设计意图:将多个实验操作技能的要求融入对实验结果精准测量的影响中,从而将离散的技能融合到一起,形成结构化的知识,促进对大概念的理解。

任务4:小组完成实验,记录实验现象和结果,通过公式、模型表达实验结果。

(1)公式表达:学生实验,根据公式 $a\% = (V_{\text{氧气}}/V_{\text{空气}}) \times 100\%$ 计算出实验结果。

(2)微观模型表达:绘制集气瓶中气体变化图,表达实验结果。

设计意图:运用公式、微观图像等多重方式表征实验结果,激发学生思维,促进深度学习。

任务5:根据 $a\% = (V_{\text{氧气}}/V_{\text{空气}}) \times 100\%$, 从实验装置、药品选择、实验步骤等角度小组讨论测量氧气的体积分数往往小于 $1/5$ 的原因, 有哪些操作可能导致测量结果大于 $1/5$? 针对误差提出改进建议。

反思2:如何证明若塞紧瓶塞太慢了, 测量结果会偏大?

反思3:红磷熄灭时真的能将氧气耗尽吗?

设计意图:聚焦大概念开展误差分析和实验改进, 为实验教学找到了一条主线, 学生围绕概念的理解开展讨论和反思。

3. 评价大概念, 方法迁移应用

大概念具有更强的迁移性, 能解释更多的现象, 学习了教材“测量空气中氧气的体积分数”实验后, 可以将大概念迁移应用解决同类问题, 评价学生应用大概念的能力。

【例题】小明认为教室内空气中氧气含量比室外低, 于是想用红磷测定教室内空气中氧气的体积分数。老师告诉他, 足量的红磷燃烧并不能耗尽空气中的氧气, 建议用一氧化氮气体代替红磷进行实验。在老师的指导下, 小明进行如图5所示实验:用注射器获取 V_1 mL 教室内的空气, 通过导管缓缓地全部推入量筒, 与量筒内足量的 V_2 mL 一氧化氮气体混合, 待充分反应后, 读出量筒中剩余气体体积为 V_3 mL。

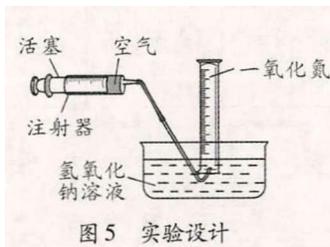


图5 实验设计

说明:① V_1 、 V_2 、 V_3 都是在与教室气温、气压相同的状态下测得的。

②一氧化氮难溶于水, 也不与水反应, 不与氢氧化钠溶液反应。

③同温同压下, 在氢氧化钠溶液参与下, 4 体积一氧化氮与 3 体积氧气恰好完全反应, 且产物能被氢氧化钠溶液吸收。

结果:实验测得教室内空气中氧气的体积分数为_____。(用 V_1 、 V_2 、 V_3 表示)

该试题直接应用了“测量混合物中某一成分的含量可以通过将其去除并转化为其他可观察量来实现”, 将红磷更换成了一氧化氮气体, 应用模型 $a\% = (V_{\text{氧气}}/V_{\text{空气}}) \times 100\%$ 解答, 空气的体积为 V_1 , 氧气的体积为 $3(V_1 + V_2 - V_3)/7$, 因此实验测得教室内空气

中氧气的体积分数为 $[3(V_1 + V_2 - V_3)/7V_1] \times 100\%$ 。

三、成效与反思

基于大概念的理解让实验学习从浅层学习走向深度学习, 也改变了灌输式的教学方式, 有利于学生科学核心素养的培养。

1. 大概念的理解体现了新课标的理念

《义务教育科学课程标准(2022年版)》^[4]指出:“科学教学要突出核心概念在真实情境中的应用, 加强知识学习与现实生活之间的联系, 实现学生对核心概念的深度理解、有效建构和灵活运用。”本实验中教师将大概念作为“为理解而教”的核心, 引导学生建构实验装置、理解实验原理, 让离散的知识聚焦在大概念上, 厘清了学习的主线, 遵循学学习的逻辑。

2. 大概念的理解突显了科学思维的培养

科学思维是科学核心素养中的核心, 大概念统领的实验教学通过任务链的学习, 突显了科学思维在解决实际问题中的灵活运用。学生讨论测量结果的表达模型、实验步骤的注意事项, 以及分析误差并迁移解决新问题等都突显了对科学思维的训练。

3. 大概念的理解激发了学生的探究实践

问题解决是科学探究与科学实践的基本路径, 是发展科学思维能力、建构科学观念和培养态度责任的重要路径^[5]。传统的实验学习学生是被动参与、接受式的学习, 实验的目的就是为了验证结果。基于大概念的理解的实验教学从学情出发, 明确大概念并通过任务和问题的学习建构大概念、评价大概念, 学生经历了提出问题、解决问题和迁移应用的探究实践全过程。

参考文献

- [1] 黄建林. 对教材“疑难实验”价值的深度挖掘及教学建议——以“测定空气中氧气的体积分数”为例[J]. 中学化学教学参考, 2019(9):46-48.
- [2] 刘徽, 蔡潇, 李燕, 等. 素养导向:大概念与大概念教学[J]. 上海教育科研, 2022(1):5-11.
- [3] 蔡小珉, 刘徽, 张倩雯. 归纳与演绎:大概念建构的两种路向[J]. 上海教育科研, 2022(1):25-30.
- [4] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准(2022年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社, 2022:119.
- [5] 蔡呈腾. 基于科学实验的“问题解决”教学实践——以“测空气中氧气的体积分数”为例[J]. 理科考试研究, 2023, 30(24):49-53.