



发展学生化学学科核心素养离不开化学实验*

孙佳林 郑长龙**

(东北师范大学化学教育研究所 吉林长春 130024)

摘要 化学实验是化学教学的重要组成部分,不仅具有教育教学功能,而且具有发展学生化学学科核心素养的功能。从认识层面、实践层面和价值追求层面来看,化学实验在发展学生科学本质观、科学实践观和科学价值观方面均发挥着不可替代的功能。教师可以利用化学实验史实呈现真实的科学发现过程,发展学生的科学本质观;可以通过引导学生对化学实验现象的观察和基于实验事实证据的推理发展学生“宏观辨识与微观探析”“证据推理和模型认知”素养;可以通过开展化学实验探究,引导学生拓宽认识视角和认识思路,发展学生“科学探究与创新意识”素养;可以通过化学实验评价发展学生的“科学态度和社会责任”素养。

关键词 化学实验 化学学科核心素养 科学本质观

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2017100028

1 问题的提出

化学是一门以实验为基础的学科,化学实验教学是化学课堂教学的重要组成部分,化学实验在发展学生化学学科核心素养方面的地位不能缺失。早在20世纪90年代初,刘知新先生就提出,化学实验在培养人才方面有3个作用:具有深刻的认识论意义、对学生形成科学的世界观和方法论具有深刻影响、对培养学生各种能力和养成良好的学风是一种最佳途径^[1]。由此可见,化学实验在教育教学和培养人才方面的功能,有必要探讨化学实验在发展学生化学学科核心素养方面有什么功能,如何在化学实验教学中发展学生的化学学科核心素养。

2 化学实验对发展学生化学学科核心素养的功能

2.1 化学实验有利于学生形成科学本质观

科学本质观(NOS)是人们对科学本质问题的认识,它是一个观念系统,涉及对科学知识、科学研究与科学事业的本质特征的认识,是对科学总体的、统整的、科学的认识,是学生形成和发展化学学科核心素养的重要内容。全美科学教师教育协会主管(NSTA)里德曼(Lederman)围绕以科学知识为载体呈现的科学,提出关于科学本质观7个方面的分析框架^[2]。化学实验在学生科学本质观的形成中具有独特的功能。

(1) 化学实验反映科学的暂定性。拉瓦锡

(Lavoisier, 1743—1794)重做了普利斯特利(J. J. Priestley, 1733—1804)的实验,结果发现了氧气。统治化学学科百年之久的“燃素说”自此被“氧化学说”替代。相较于“氧化学说”的提出,“燃素说”是暂定性的。如果再往前推算,古老的“元素说”相较于“燃素说”来说又是暂定性的。

(2) 化学实验反映科学的经验性。谁发现了酒不得而知,但是我们知道:酒是谷物在潮湿的环境里发霉产生麦芽糖,麦芽糖继而作用于谷物中的淀粉发酵产生的。后来,人类开始用发霉的谷物作为酒麴进行酿酒就是人类利用生产生活中摸索出的经验进行化学实验最好的体现。

(3) 化学实验反映科学的创造性。自从原子量可测和大量元素性质被发现之后,化学家们有的开始考虑按照化学实验所测得的原子量给元素“排队”,有的开始通过化学实验考察原子量与元素性质之间的关系,有的开始通过实验考察性质相似的元素与原子量之间是否存在有规律的联系等等。原子量、元素性质,这2个原本看起来是相对独立的事件,经过化学家们的思考和基于化学实验创造出了迄今为止化学史上最完美的作品之一——元素周期表。

(4) 化学实验反映科学的建构性。化学学科是人类对化学物质微观世界进行总体理性解释的学科。尽管是理性解释,但仍然是一种主体对客体的

* 全国教育科学规划国家一般课题“提升教师‘素养为本’课堂教学能力的研究”(BHA170131)

** 通信联系人, E-mail: zhengcl@nenu.edu.cn

主观反映。人类基于实验事实、开展基于实验事实的推理、得出实验结论、进行理论解释是化学学科经典的思维方式。

(5) 化学实验反映科学的社会性。化学学科的诞生源于人类的生产生活实践, 化学实验受当时的政治、经济、文化、科技等多因素的共同影响。比如, 受限于 19 世纪的实验条件和实验方法, 人类很难从自然界的化合物中分离和制得单质铝, 铝也因此成为当之无愧的“贵金属”。这才成就了门捷列夫 (Д. И. Менделеев, 1834—1907) 因发现元素周期律荣获铝制奖杯的一段历史佳话。

2.2 化学实验有利于学生形成科学实践观

认识源于实践, 实践出真知, 实践是检验真理的唯一标准。科学实践是科学劳动者有目的地使用科学工具, 作用于科学对象, 即主观见之于客观的能动的现实活动。关于化学这门学科的发展, 根据不同视角, 有许多不同的划分标准。但是毋庸置疑的是: 化学学科的建立和发展伴随着人类的化学实践活动, 处处有化学实验的影子。化学实验为化学学科的建立和发展奠定了坚实的基础。

(1) 化学实验是科学实践的一种类型。化学的发展史, 就是人类不断探索认识自然界中物质的实践史。化学实验作为一种科学实践, 在化学史中发挥了重要的作用。无论是最初人类利用火进行冶炼的实验, 还是之后人类利用科学仪器认识物质的组成、结构、性质和反应的实验, 无一不是人类对自然界中物质的实践。

(2) 化学实验是化学科学认识的基础。汤姆逊 (J. J. Thomson, 1856—1940) 在对阴极射线的实验研究中发现了电子。电子的发现使 20 世纪的化学家豁然开朗, 许多化学现象的微观机制都可以在电子层级上予以解答。通过化学实验被“打开”了的原子, 使得化学家看到了一个原子的世界, 对自然界中物质的认识又前进了一大步。

(3) 化学实验是检验化学科学的标准。阿累尼乌斯 (Svante August Arrhenius, 1859—1927) 之前的化学家认为, 电解质在其水溶液中的电离行为必须发生在外电力的作用下。他根据一系列的实验结果提出了电离学说, 当时的许多化学家都持怀疑态度。即便在他继续开展一系列实验, 最终发表了总结性论文以后, 仍然受到包括门捷列夫在内的科学家的怀疑和反对。但是后来者经过各种化学实验的验证, 十数年后, 电离学说得到了化学界的认可, 成为化学科学中研究溶液行为的一种重要的科

学理论。

2.3 化学实验有利于学生形成科学价值观

化学和其他科学一样, 是一把所谓的“双刃剑”。我们既看到它造福人类之处, 同时也看到因化工生产所带来的污染和环境问题。如果学生在学习了化学之后, 不是热爱化学、使用化学, 而是痛恨化学、抛弃化学, 那么, 何来形成化学学科核心素养之说呢? 所以, 引导学生通过化学的学习, 正确认识化学学科的作用和价值, 形成正确的科学价值观是十分必要的。化学实验在引导学生形成正确的科学价值观方面具有独特的功能。

(1) 化学实验推动化学科学发展, 同时也推动人类社会的发展。如前所述, 化学科学诞生于化学实验, 化学实验推动了其向前发展。人类在对自然界中物质的实践基础上进行的认识、再实践、再认识不仅认识了物质, 利用了物质, 而且创造了物质。这些物质在我们的衣、食、住、行中随处可见, 在军事、科技、经济等各个领域发挥着重要的作用。对这些物质的认识、利用和创造不仅丰富了我们的生活, 而且推动了社会生产力的发展, 引发了社会生产关系的变革。

(2) 化学科学所产生的污染问题, 同时也依赖化学实验的解决。化学实验和化工生产在得到目标产物时, 总是产生不需要的甚至是污染环境和危害人类健康的非目标产物。非目标产物的产生不是人类所希望的, 但却是客观存在的。对于非目标产物, 我们也可以通过化学实验加以处理和解决, 如化学实验中的“三废处理”, 化工生产中燃煤的脱硫处理, 乙醇等清洁能源的开发和利用等等。

3 利用化学实验发展学生学科核心素养的策略

3.1 以化学实验史实为载体, 呈现真实的科学发现过程

在课堂教学中, 教师引入化学史、化学实验史能够使学生带着兴趣和好奇去探究化学科学知识, 更为重要的是, 能够使学生通过化学史、化学实验史了解化学科学知识产生的过程, 体会科学家创造化学科学知识的化学科学思维和思想。以“酸碱的定义”教学设计为例, 见表 1。

教师通过给学生展示“历史上的酸碱”资料, 引导学生讨论并认识到随着化学实验的发展, 人类对酸碱的认识不断加深。如果没有化学实验, 人类对酸碱的认识会停留在其物理性质上 (味道、手感等); 如果没有化学实验, 人类对酸碱的认识会停

表 1 酸碱的定义教学设计

Table 1 The teaching design of the definition of acid and alkali

教学内容	教师活动	学生活动	设计意图
酸碱的定义	活动 1 展示 PPT “历史上的酸碱”^[3]： 17 世纪以前：炼金家、无名氏等在火法和蒸馏等基本实验操作基础上认为酸是有酸味的物质，碱是有涩味和滑腻感的物质； 17 世纪后期：波义耳 (R. Boyle, 1627—1691) 通过实验发现，物质的水溶液能溶解某些金属，能使石蕊溶液变红，与碱作用失去原有特征的，叫作酸；物质水溶液有苦涩味，能腐蚀皮肤，能使石蕊由红变蓝，与酸作用就失去原有特性的物质叫作碱；…… 活动 2 教师布置任务：小组讨论历史上人类对酸碱的定义经历了哪些过程？人类能够逐步加深对酸碱认识的基础是什么？人类对酸碱的认识分别有哪些视角？你从中获得了什么信息，得到什么启示？……	小组讨论 汇报交流	意图 1：引导学生体会人类在实验基础上逐步加深对酸碱的认识； 意图 2：引导学生体会人类认识酸碱的不同视角； 意图 3：引导学生通过人类认识酸碱的历程体悟科学的本质

留在简单的化学性质上（与酸碱指示剂的反应）；如果没有化学实验，人类对酸碱的认识不会深入溶液体系，不会发现酸碱的通性等等。同时，通过化学实验史料，教师引导学生认识到科学概念的发展绝非一日之功，原本看起来完美的概念会被更为完善的概念所取代；受社会条件的制约，实验手段对认识物质有着制约性等等。由此使学生认识到科学具有经验性、暂定性、建构性和社会性等本质特征。教师通过引导学生分析化学实验史实材料，发展学生的“科学态度”素养。

3.2 以化学实验现象为基础，强调宏观辨识与微观探析

化学实验现象是化学反应本质的外在表现。发现现象、观察现象、描述现象、记录现象、分析现象、讨论现象是化学实验观察的一般步骤。善于发现实验现象、仔细观察实验现象、客观描述实验现象、准确记录实验现象、严谨分析实验现象、认真讨论实验现象是化学实验观察的一般要求。以“电离平衡”教学为例：

【师】大家看这是一个导电装置，这 2 种红色溶液分别是滴加了酚酞溶液且浓度相同的氢氧化钠溶液和氨水，那个无色液体是纯醋酸。现在我们用这些液体同时做导电性实验（教师演示该实验），请同学们注意观察灯泡的亮度是否相同？通过灯泡亮度来判断导电性最强的是哪一组？

【生】氢氧化钠。

【师】其次为？

【生】氨水！

【师】而纯醋酸呢，导不导电？

【生】不导电。

【师】我们从灯泡的亮度就可看出。

【师】那为什么它们的导电性不同呢？哪位同

学能解释一下，为什么呢？谁来说一下，来，这位同学。

【生】因为氢氧化钠中有大量自由移动的离子，而溶液的导电性跟离子的浓度有关，氢氧化钠的离子浓度最大，它的导电性最强，灯泡最亮；而氨水由于它是弱电解质，电离程度比较小，灯泡亮度也就是其次；纯醋酸几乎不电离。

【师】里面只有什么微粒？

【生】只有分子，没有离子。

【师】回答得很好！

【师】好，请坐。

观察并解释不同种类物质在不同状态下的导电情况是这一教学案例中教师布置给学生的学习任务。“不同种类”物质在这一教学片段中是指强碱——“氢氧化钠”、弱碱——“氨水”和弱酸——“醋酸”。“不同状态”物质在这一教学片段中是指溶液（如“氢氧化钠溶液和氨水”）和纯净物（如“纯醋酸”）。“导电情况”指的是宏观表现（“灯泡的亮度”——导电性是否相同？）和微观原因（是否有“自由移动的离子”和“自由移动的离子”浓度的大小——导电性不同的原因）。观察不同种类物质在不同状态下的导电情况，属于“宏观辨识”；运用强、弱电解质电离理论解释不同种类的物质在不同状态下的导电情况，属于“微观探析”。教师通过引导学生观察导电演示实验现象，建立宏观实验现象与微观解释之间的思维关联，发展学生的“宏观辨识与微观探析”素养。

3.3 以化学实验事实为证据，发展证据推理能力

化学实验事实是化学实验当中的证据，化学学科重视基于实验事实的证据推理。证据推理能力是学生化学学科核心素养的重要维度之一。学生基于实验事实，可以建立起宏观与微观相结合、定性与

定量相结合的学科思维方式。仍以“电离平衡”教学为例进行分析:

学生通过观察教师导电演示实验的实验现象得出实验事实:由灯泡亮度可知氢氧化钠的导电性最强,氨水次之,冰醋酸几乎不导电,这也称为实验事实证据。基于这个实验事实证据,教师引导学生思考不同物质导电性存在差异的原因。学生在学习了电离知识、电解质知识的基础上很容易推理得出结论:溶液中自由移动的离子浓度存在差异导致了导电性存在差异。那么,溶液中自由移动的离子浓度为什么会存在差异呢?学生基于实验事实进一步推理得出:造成这种实验事实的最本质的原因是不同物质在水溶液中电离程度存在差异。教师引导学生建立对不同物质发生电离的一般规律性认识:强电解质→完全电离→溶液中自由移动离子浓度较大→灯泡亮度强→溶液的导电能力强,弱电解质→不完全电离→溶液中自由移动离子浓度较小→灯泡亮度弱→溶液的导电能力弱,非电解质→不电离→溶液中没有自由移动离子→灯泡不亮→溶液的导电能力最弱。这种规律性认识有利于学生建立物质种类、电离程度、自由离子浓度和导电能力 4 者之间的关联,形成认知模型。教师通过引导学生基于实验事实证据进行推理活动并形成认知模型,发展学生的“证据推理与模型认知”素养。

3.4 以化学实验探究为依托,发展认识视角和认识思路

化学实验探究对转变学生的化学学习方式和学生的化学学科核心素养非常重要。化学实验探究的目的是学生在教师的引导下通过问题的提出、方案的设计、实验的开展、证据的收集、证据的推理、结论的得出等实验探究环节体验、体会和体悟化学家基于实验发现化学真理的探索过程,受到科学方法的训练。化学实验探究的核心是问题的提出,即探究问题的确定,学生往往不知道从哪里想,怎么想。从哪里想是认识视角问题,怎么想是认识思路问题。以“化学反应速率”教学为例:

【师】我们知道不同的反应它反应的快慢程度可能不同,相同的化学反应它的反应程度也可能不相同。那么它的快慢是由哪些因素决定的呢?请同学们结合生活或者实验经验来回答,同时,要注意从化学反应的要素来考虑。同学们的猜想过一会儿通过实验探究来进行验证。

【生 1】我觉得与温度有关。举一个实际的例子,比如说牛奶放在冰箱里变质比放在外面慢了很

多。

【生 2】我觉得与反应物的浓度有关。比如 Zn 和 H_2SO_4 的反应,浓度大的比浓度小的反应快。

【生 3】我觉得化学反应速率与接触面积有关。比如煤研成粉末和块状燃烧它放出的热量是不同的。

【生 4】还有就是与催化剂有关。比如分解 H_2O_2 ,不加 MnO_2 的话反应速率就非常的慢,加入的话就非常的快,放出的气泡非常的剧烈。

【生 5】如果是金属的话我想金属活泼性的强弱会影响快慢。

【师】同学们回答得都很好,对于一个化学反应来说,其要素就是反应物和反应条件,影响化学反应速率的因素就可以从反应物本身以及反应发生所需要的条件考虑。比如 2 位同学所说的物质的状态(粉末煤)、金属活泼性都是从物质的“本性”出发考虑的,而另外几位同学则考虑到了温度、浓度、催化剂等,这些都是从反应的条件出发考虑的。

“影响化学反应速率的因素”是“化学反应速率”这一主题中很重要的一部分内容。教师通过引导学生以实验探究的方式学习影响化学反应速率的因素。猜想与假设是实验探究过程中重要的一个环节。在这个教学案例中,教师引导学生对影响化学反应速率的因素进行猜想与假设并要求学生结合生活实际和实验经验,同时提示学生从构成化学反应的要素来考虑。“从……考虑”就是认识视角,“结合生活实际和实验经验做出猜想和假设”是认识思路。从构成反应的要素来考虑,学生很容易想到反应物以及反应条件这 2 个最为根本的要素并形成认识视角。接下来,学生就能够结合生活实际和实验经验形成从反应物的状态、反应物本身所具有的性质以及浓度、温度以及催化剂等方面考虑影响化学反应速率的因素这一认识思路。教师通过引导学生形成认识视角和认识思路,发展学生的“科学探究和创新意识”素养。

3.5 以化学实验活动为媒介,评价学生核心素养表现

在素养为本的化学课堂教学中,教师需要注意学生素养表现的显性化评价。学生的素养表现主要是在回答教师提问、完成化学学习任务或完成化学实验活动等学与思的活动中反映的。在化学实验活动中,教师可以通过观察学生的实验态度、实验操作、实验设计与实施、实验数据的处理和讨论等表

现对学生发展化学学科核心素养的情况进行评价。特别是在化学实验探究活动中,尤其要对学生新的想法即新的认识视角、认识思路给予显性化评价,使学生的创新性得到彰显。这不仅起到激励该学生的作用,同时也启发其他学生的思维。以“含氯消毒剂”教学为例:

【师】同学们现在组内讨论,能不能设计出实验方案来验证,84消毒液是否具有强氧化性,可以根据老师给大家提供的药品和基本仪器来进行讨论。

【生】我们想的是把84消毒液加到 FeSO_4 溶液当中,然后那个溶液会变成黄色,说明里面有 Fe^{3+} 生成,说明84消毒液把 Fe^{2+} 氧化成了 Fe^{3+} 。

【生】我看到实验盒里老师还为我们提供了酚酞、红纸、KI溶液,我想应该也能检验84消毒液的强氧化性吧。

【师】这位同学听课非常认真,他听到刚才老师提到“用老师给大家提供的药品进行讨论”,他想到把老师提供的药品都用上,不错。那么,现在开始进行分组实验。仪器也在实验盒里,大家可以选择。

【生】可以用点滴板,但是实验盒里没有。

【师】为什么用点滴板,不是有试管吗?

【生】用点滴板节省药品,也可以看到实验现象。

【师】非常好,我这里还真有点滴板,给大家发一下,做化学实验注意节约试剂很重要,节约本身也是我们做绿色化学所倡导的做法。

在这个教学案例中,教师通过提出问题的方式驱动学生完成实验探究活动。在这个过程中,教师对学生的表现进行了2次评价。第1次采用的是肯定式评价,对学生呼应教师的提示和引导给予了肯定。第2次采用的是提升式评价,对学生提出的采用点滴板进行微型实验能节约药品的做法给予了肯定,同时,教师对采用微型实验实现绿色化学目的进行了总结和提升,发展了学生的“科学态度和社会责任”素养。

说明:文中案例均来自于中学化学真实课堂,作者在引用时做了适当改动。

参考文献

- [1] 刘知新. 化学教育, 1991, 12 (3): 22—26
- [2] Lederman N G. Journal of Research in Science Teaching, 1992: 29 (4): 331—359
- [3] 乔国才. 中学化学教学参考, 2004 (8): 41

Development of Students' Chemistry Discipline Core Literacy is Inseparable from Chemistry Experiment

SUN Jia-Lin ZHENG Chang-Long**

(College of Chemistry, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract Chemistry experiment is an important part of chemistry teaching, not only has the function of education and teaching, but also has the function of developing students' chemistry discipline core literacy. From the perspective of cognition, practice and value pursuit, chemistry experiments play an irreplaceable role in development of students' view of nature of science, practice and values of science. Teachers can use the historical facts of chemistry experiment to present the process of real scientific discovery, and develop students' view of nature of science; we can develop students' "macro-identification and micro-analysis" "evidence reasoning and model-cognition" literacy by guiding students to observe the phenomena of chemistry experiment and the reasoning based on the evidence of experimental facts; through carrying out the chemistry experiment to explore, guide students to broaden the perspective and understanding of ideas, to develop students' "scientific inquiry and innovation consciousness"; the chemistry discipline core literacy "scientific attitude and social responsibility" can be evaluated by chemistry experiment.

Keywords chemistry experiment; chemistry discipline core literacy; view of nature of science