

高一学生化学方程式书写能力的调查研究^{*}

陈 益^{1**}, 刘江田²

(1.金陵中学, 江苏南京 210005; 2.南京市教研室, 江苏南京 210001)

摘要: 对高一学生化学方程式书写能力进行调查研究, 发现判断物质是化学方程式书写能力的“瓶颈”, 配平是提高化学方程式书写能力的“抓手”。针对问题进行了反思并提出了相关对策, 即感知、记忆和推理并重, 提高判断物质能力; 系统规划、逐步提升配平能力。

关键词: 化学方程式书写; 配平能力; 调查研究; 教学策略

文章编号: 1005-6629(2016)2-0015-05

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 问题的提出

物质的性质及其转化是基础化学教学的核心内容, 是化学基本概念和原理形成、理解和应用的重要载体, 也是彰显化学学科特质和价值的主要素材。化学方程式是表征物质性质及其转化的重要化学用语。化学方程式书写能力在很大程度上反映了学生化学学科图景构建的清晰度、完整度, 也是考查学生化学学习能力的一个有效指标。因此, 在新课程的各地高考化学学科考查中以及化学学业水平测试中, 书写化学方程式一直是传统的保留项目^[1]。

在中学教学中, 化学方程式既包括常见的元素化合物之间反应的化学方程式及其有关离子反应方程式, 也包括表示电离、电解、水解过程的电离方程式、电解(电极)反应方程式、水解反应方程式, 以及热化学方程式、有机反应方程式等。其中元素化合物之间的化学方程式及其有关离子反应方程式, 是书写各类化学方程式的重要基础。

以人教版教材为例, 书写化学方程式的实践和训练, 主要集中在《化学1》“第三章金属及其化合物”和“第四章非金属及其化合物”教学过程中。从教材编写逻辑看, 第三章和第四章的学习安排在“第二章化学物质及其变化”中有关“物质的分类”、“离子反应”、“氧化还原反应”等相关概念之后, 旨在将事实性知识的学习与概念性知识的应用相互渗透、相互促进。

通过一个模块的学习, 学生化学方程式书写能力处在怎样的层次? 哪些因素制约了学生这一能力

的提高? 如何改进教学内容和教学方式促进这一能力的发展? 针对这些问题进行了调查和分析。

2 研究设计

2.1 化学方程式书写能力的内涵

广义地说, 化学方程式就是用物质符号表示化学变化的式子。书写化学方程式要遵循客观事实和质量守恒定律。化学方程式书写能力主要包括判断物质和配平两个方面。

判断物质重在考查学生再现和辨析物质性质, 根据实验事实和信息进行分析推理的能力, 这是化学方程式书写能力的基础。就能力水平可分为直接判断和综合分析判断两个层级。如“ NaHCO_3 固体受热分解”、“钠与水反应”这样简单和常见的反应, 其生成物通过记忆再现直接判断; “ Cl_2 和 SO_2 混合(体积比 1:1)通入 H_2O 中”、“在酸性溶液中 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 分解, 产物之一是 NO ”, 这样复杂和陌生的反应, 其参与反应物质的判断则需要再现和辨析物质性质, 根据实验事实和信息进行综合分析推理。

配平则重在考查学生自觉和熟练运用“电子得失守恒”、“离子电荷守恒”、“元素原子守恒”等学科思想进行定量分析的能力, 这是化学方程式书写能力的核心。配平以元素原子守恒的微观形式体现了宏观的质量守恒定律, 同时通过微粒间的数量关系体现了化学反应过程中的物质倍比定律。就能力水平又可分为一般观察法、守恒法以及综合分析法三个层级。对于非氧化还原反应和简单反应, 如“用氯化铵和氢氧化钙固体反应制氨

^{*} 江苏省中小学教学研究重点课题“基于学科核心素养的高中化学教学评一致性研究”(主持人: 刘江田), 编号 2015JK11-Z004。

^{**} 通讯联系人, E-mail: 62chenyi@163.com。

气”、“铝与三氧化二铁发生铝热反应”，采用原子观察法即可配平。对于“ FeCl_3 溶液腐蚀铜片”、“酸性 KMnO_4 溶液中加入 FeSO_4 溶液”这样的反应，需利用电子得失守恒和离子电荷守恒法配平。对于“在酸性溶液中 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ 分解，产物之一是 NO ”、“浓 HNO_3 受热分解”这样的反应，除应用守恒法外，还涉及物质判断、配平方向和基准物质的选择等问题，需综合分析方能配平。

此外，化学方程式中物质表征符号（微粒化学式、状态符号）的书写和反应条件的标注等规范，也是评价化学方程式书写能力不可或缺的。

2.2 化学方程式的分类

化学方程式按学生的熟悉程度和能力综合程度可分为“教材基本反应”、“课堂拓展反应”和“信息迁移反应”。“教材基本反应”体现了中学最常见、最重要物质的性质和转化，是化学方程式书写规范和能力训练的基础。“课堂拓展反应”指教材上只描述了现象和结论，而教师补充给出了反应方程式；或是为了深化和丰富学生对物质性质的认识，通过演示或学生实验习得的物质新性质、新反应。“信息迁移反应”是指教材中未出现、平时学习中也不曾涉及到，但学生利用所学过的知识，依据信息提示，通过类比、迁移可以理解 and 书写的一类化学方程式^[2]。这类反应能很好地考查学生的思维能力、自学能力和学科素养，因而为考试评价所青睐，反映了化学方程式书写能力的最高水平。

2.3 试卷设计与调查

根据化学方程式书写能力内涵和化学方程式的分类，分别按“教材基本反应”、“课堂拓展反应”、“信息迁移反应”三个类别设计化学方程式，重点调查研究学生“判断物质和配平”这两个重要的化学方程式书写能力。接着，设计调查问卷进一步了解哪些因素影响学生化学方程式的书写能力，包括学生的准备状态、学习方法、难度感受等主、客观因素。进而在调查事实和数据的分析支持下，反思和改进教学。

以“高一年级化学反应方程书写大赛”之名，设计 50 个化学方程式，完成时间 50 分钟，满分 100 分。有关内容设计见表 1。以笔者所在学校高一年级全体学生作为被试，涉及三个层次的 13 个班级。

3 结果分析

教师对所有被试书写的化学方程式进行批改。每个方程式 2 分，评分标准为：(1) 反应物、生成物写全，化学式全对得 1 分；(2) 方程式配平，条件、符号使用正确得 1 分。选取一个中间层次班级，进行结果统计分析。化学方程式书写得分率见表 2。

3.1 判断物质是化学方程式书写能力的“瓶颈”

“教材基本反应”、“课堂拓展反应”、“信息迁移反应”三个类别化学方程式判断物质总得分率分别为 0.91、0.74、0.45，与整个方程式书写总得分率的结果呈正相关。典型错误见表 3。

表 1 化学方程式能力与类别分布

能力考查 反应类别	判断物质			配平			
	直接判断	综合分析判断	合计	观察法	守恒法	综合分析法	合计
教材基本反应	14	6	20	7	10	3	20
课堂拓展反应	8	12	20	6	7	7	20
信息迁移反应	0	10	10	2	2	6	10
合计	22	28	50	15	19	16	50

表 2 化学方程式书写得分率

能力考查 反应类别	判断物质			配平			
	直接判断	综合分析判断	总得分率	观察法	守恒法	综合分析法	总得分率
教材基本反应	0.94	0.85	0.91	0.91	0.89	0.87	0.89
课堂拓展反应	0.76	0.73	0.74	0.86	0.76	0.56	0.72
信息迁移反应	—	0.45	0.45	0.45	0.44	0.36	0.39
总得分率	0.87	0.66	0.75	0.83	0.79	0.54	0.72

表3 判断物质典型错误举例

反应类型	判断物质典型错误举例
教材基本反应	“Al 与 NaOH 溶液反应”反应物无 H_2O ；“Fe 和水蒸气反应”产物为“FeO”、“Fe(OH) ₃ ”、“Fe(OH) ₂ ”；“Cl ₂ 和 H ₂ O 的反应”将 HClO 拆分为“H ⁺ +ClO ⁻ ”。
课堂拓展反应	“向 NaAlO ₂ 溶液中通入过量 CO ₂ 气体”将产物写成“CO ₃ ²⁻ ”；“Fe 和过量稀 HNO ₃ 反应”将产物写成“Fe ²⁺ ”、“H ₂ ↑”。
信息迁移反应	“Na ₂ O ₂ 和 SO ₂ 反应”将产物写成“Na ₂ SO ₃ +O ₂ ”；“在酸性溶液中 Ca(NO ₃) ₂ 分解, 产物之一是 NO”将产物写成“NO+NO ₂ ”、“NO+O ₂ ”。

“教材基本反应”由于学生普遍重视, 加之数量少、反应简单, 学习时第一印象深刻、记忆牢固, 多为直接判断或低水平的分析判断, 因而判断物质准确率高, 总体得分也最高。“课堂拓展反应”或是“教材基本反应”的同类推衍, 或是“教材基本反应”的异同比较, 或是改变反应物用量和反应顺序的变式, 或是对物质性质认识的深化和拓展, 要求学生具有较高的推理、辨析和理解能力, 大多为综合分析判断, 加之数量增加、反应复杂化, 因而判断物质准确率明显下降, 总体得分也随之下降。对于书写“陌生”化学方程式, 高达 63.6% 的学生认为“不会判断反应物和产物”, 还有 11.7% 的学生感到“心理恐慌, 无从下手”。反映了学生对“信息迁移反应”中的信息解读不充分、迁移应用能力不足, 高水平的综合分析判断能力差, 因而判断物质准确率低, 总体得分也低。

有 67.2% 的学生采用记忆和理解相结合的方法, 表明大多数学生能自觉地将元素化合物事实性知识的学习与氧化还原和离子反应概念性知识的应用相互渗透、相互促进, 但仍有 47.0% 的学生停留在孤立和机械记忆的层次上。如“把 Cl₂ 通入到 Na₂SO₃ 溶液中”(书写离子反应方程式), 大多能判断出氧化产物“SO₄²⁻”和还原产物“Cl⁻”, 但由于“离子电荷守恒”意识淡薄, 未能判断出产物中有“H⁺”, 再判断出反应物中有“H₂O”, 最终未能得分。

3.2 配平是提高化学方程式书写能力的“抓手”

“教材基本反应”、“课堂拓展反应”、“信息迁移反应”三个类别化学方程式配平总得分率分别为 0.89、0.72、0.39, 与判断物质一样, 三个类别化学方程式总得分率依次呈显著下降。典型错误见表 4。

表4 配平典型错误举例

反应类型	配平典型错误举例
教材基本反应	“C 和浓硫酸共热反应”写成“C+H ₂ SO ₄ (浓) $\xrightarrow{\Delta}$ CO ₂ ↑+SO ₂ ↑+H ₂ O”。
课堂拓展反应	“把 SO ₂ 气体通入到酸性 KMnO ₄ 溶液中”写成“2SO ₂ +MnO ₄ ⁻ ═2SO ₄ ²⁻ +Mn ²⁺ ”。
信息迁移反应	“FeBr ₂ 溶液中通入足量 Cl ₂ ”写成“2Fe ²⁺ +2Br ⁻ +2Cl ₂ ═2Fe ²⁺ +Br ₂ +4Cl ⁻ ”。

配平主要问题一是只关注元素原子个数相等, 被假配平所迷惑。如“FeCl₂ 溶液中通入 Cl₂”(书写离子反应方程式)表达为“Cl₂+Fe²⁺═2Cl⁻+Fe³⁺”;又如“FeCl₃ 溶液腐蚀铜片”(书写离子反应方程式)表达为“Cu+Fe³⁺═Cu²⁺+Fe²⁺”。其深层原因还是受初中简单观察法禁锢, 未能从氧化还原反应的“电子得失守恒”和离子反应的“离子电荷守恒”的视角全面观察分析。二是对配平的程序策略应用生疏, 这在复杂反应和陌生反应的配平中表现得更明显。如“NH₃ 在 Pt 催化下被 O₂ 氧化”, 将 O₂ 得电子数基准混淆为 2, 而导致配平失败; 又如“浓硝酸受热分解”, 对于这样的“特

殊”反应, 如何确定电子得失的基准物质和配平顺序, 学生毫无头绪。阅卷分析发现, 不少化学反应学生已全部或部分地判断出物质, 但受限于配平能力, 最终半途而废, 令人惋惜。事实上, 配平能力不仅关系到化学方程式物质计量数的确定, 还影响到化学方程式相关物质的判断。如“Al 与 NaOH 溶液反应”, 大多数学生能判断出产物 NaAlO₂ 和 H₂, 如能结合电子守恒和铝、钠原子守恒, 写出“2Al+2NaOH——2NaAlO₂+3H₂↑”一步, 再观察氢、氧原子, 就不难判断出 H₂O 参与反应。又如“把 SO₂ 气体通入到酸性 KMnO₄ 溶液中”, 相当多的学生运用电子守恒写到“5SO₂+2MnO₄⁻═5SO₄²⁻

+2Mn²⁺”一步,如果再具有较强的“离子电荷守恒”意识,就可避免先入为主地将“H⁺”确定为反应物,将“H₂O”判定为产物的错误。

对于化学方程式的配平,77.5%的学生认为“了解方法、应用不熟”。而方法的内化和技能的熟练需要足够的时间训练,学生暴露的问题反映了教和学两方面投入都不足。

3 反思与对策

3.1 感知、记忆和推理并重,提高判断物质能力

化学方程式是联结宏观现象和微观粒子的中介,对物质性质和变化的观察和记忆,需要通过化学实验过程中生动、直观现象的感知才能深刻和持久。因此,在教学中要把物质性质和转化的教学融入社会、生活和生产应用情境中,激发学生的学习兴趣、提高学习注意力;尽可能多地设计实验,让学生亲历体验物质的性质和变化。

在一个单元的学习结束后,要有目的地引导学生对物质的性质和转化进行归纳小结,如常见氧化剂和还原产物、还原剂和氧化产物的归纳(见表

5),常见元素的价态转化、常见物质氧化顺和还原顺的比较等等,让学生发现规律、构建体系,促进知识的有序化和结构化,并充分发挥离子反应和氧化还原有关规律的指导作用,感知、记忆和推理并重,提高判断物质的能力。

表5 常见氧化剂和还原产物、还原剂和氧化产物

氧化剂	Cl ₂ 、HClO、ClO ⁻	H ₂ O ₂	MnO ₄ ⁻ (H ⁺)	Cr ₂ O ₇ ²⁻ (H ⁺)
还原产物	Cl ⁻	H ₂ O 或 OH ⁻	Mn ²⁺	Cr ³⁺
还原剂	SO ₂ 、H ₂ SO ₃ 、SO ₃ ²⁻	I ⁻	Fe ²⁺	S ²⁻
氧化产物	SO ₄ ²⁻	I ₂	Fe ³⁺	S

3.2 系统规划,逐步提升配平能力

教材反应直接给出了化学方程式的配平结果,加之反应少且简单,学生易形成记忆依赖,这不利于学生配平能力的培养和提高。教学过程中教师要有意识地根据反应特征和类别,让学生尝试自主配平,从中领悟并归纳步骤和方法,突破关键、抓住要点(见表6)。

表6 常见反应特征和配平要点

反应特征	例子	配平要点和策略
一种物质是氧化剂,另一种物质是还原剂	$2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{Pt}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$	确定基准电子得失数
物质部分氧化或还原	$\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$	该部分物质二次配平
歧化反应;同一物质中两种元素化合价升降	$2\text{Cl}_2 + 2\text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\Delta} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	逆向配平

同时教师要加强示范和引领,让学生感受配平的策略和程序,从模仿到自觉,并通过一定的同类和变式训练逐步形成程序化、自动化的化学方程式书写技能。如“把SO₂气体通入到酸性KMnO₄溶液中”(书写离子反应方程式),步骤分解为:

第一步,由物质的氧化性和还原性判断反应产物:SO₂→SO₄²⁻;MnO₄⁻→Mn²⁺;

第二步,由“电子得失守恒”确定氧化剂和还原剂以及氧化产物和还原产物物质的量之比:5SO₂+2MnO₄⁻——5SO₄²⁻+2Mn²⁺;

第三步,由“离子电荷守恒”确定产物H⁺及其计量数:5SO₂+2MnO₄⁻——5SO₄²⁻+2Mn²⁺+4H⁺;

第四步,由“原子守恒”确定反应物H₂O及其计量数:5SO₂+2MnO₄⁻+2H₂O——5SO₄²⁻+2Mn²⁺+4H⁺;

第五步,由三个守恒及其化学方程式表达规范(标注反应条件、物质状态符号等)检查,完成配平:5SO₂+2MnO₄⁻+2H₂O=5SO₄²⁻+2Mn²⁺+4H⁺。

由于氧化还原反应类型复杂,配平过程的思维跨度较大,学生的氧化还原反应方程式配平技能不可能一蹴而就。在高一年级,化学方程式的书写要控制难度,对于信息迁移反应方程式的书写,要采用渐进式和分散式的教学策略,逐步达到高水平能力要求^[3]。

(下转第24页)

如下:

(1) 统整三类课程的能力。上述两例中都存在教师个体层面或教研组集体层面对于基础型课程、拓展型课程、研究型课程这三种既拥有共同的基础但是又适应不同学生的发展需求、具有可选择性的课程体系的整合。三类课程目标不同、定位不同,但是相辅相成,如果教师能够做好课程内容整合,则可以使得作为基础型课程必要拓展与提高的拓展型课程更好地发挥对于学生发展性学力的培养作用,并能更好地将研究性学习作为学习方式被运用、渗透于基础型与拓展型课程中。

(2) 开发课程资源的能力。课程资源包含问题资源、实践资源、音视频资源、作业资源等多方面,课程资源因其丰富性和多元性的特点,可以关注到不同个体对不同类型资源的认知程度、接受程度的差异,从而最大化地将知识传授转化为对资源所架设的情境的理解过程:问题的呈现过程情境化、知识的形成过程情境化、科学探究过程情境化、实际问题解决情境化,这些生动活泼的情境与素材资源,更有利于学生学习动机的增强与知识的内化。而化学作为一门与生活密切相关的自然科学,丰富的实验资源、视频资源为每一位教师的个性化教学设计提供了重要支持。

(3) 运用现代信息技术的能力。随着现代信息技术的发展,数字实验系统和智能交互软件不断更新,功能不断扩大,逐渐被广泛应用于基础教育的课堂。数字化实验系统与化学实验的结合,使科学方法和科学态度的培养有了适当的切入口,如

应用传感器技术进行实验时,就可以使学生更好地理解与掌握控制变量的研究方法、对比试验和空白试验、工作曲线等科学实验方法。而智能交互软件能够对于教学过程中的信息资源进行实时监控、数据采集和分析,这对于教师课堂教学中及时反馈与个别化评价有积极的作用。

以上这些能力与个性化教学的高关联度,也为我们未来提升教师个性化教学素养提供了抓手与培训的方向。

本次调查通过设计问卷,了解了本区高一化学教师在针对性课堂教学策略、作业个性化、实验探究、培养学生积极的化学学习态度四个方面的基本情况,尤其是在具有个别化教学特色的题目上的表现,发现教师的优势与不足。对于在调查中表现突出的教师与学校,通过访谈和实地调查,发现他们在统整三类课程、开发课程资源、运用信息技术等方面有相对成熟的经验。本次调查为更好指导区域内开展个别化教学的研究工作,切实促进教师个别化教学素养的提高提供了依据。

参考文献:

- [1] 黄家杰等. 教师区分性教学行为观察量表(学生版)之编制[J]. 特殊教育研究学刊, 2010, (1): 63~82.
- [2] 姜新生. 个别化教学策略[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2010.
- [3] 李国会. 如何实施个别化教学[M]. 台北: 台北心理出版社, 1999.

(上接第18页)

4 结语

本调查研究在一定程度上反映了高一学生化学方程式书写能力现状,给教学提供了有价值的信息反馈,给改进和优化教学以有益启示。51.6%的学生感到书写的化学方程式数量偏多,难度偏大。可见,化学方程式书写能力的培养和提高,贯穿于整个高中化学教学过程,要遵循学生的认知发展规律,有计划、分阶段实施。高一年级重在依托“化学1”模块的元素化合物知识作为学习载体,掌握一般方法、程序和规范,不可操之过急。随着学生思维能力的发展,在其他相关模块学习和高三复习过程中,逐步引导学生基于化学概念和事实进行演绎、综合,书写较为复杂的反应方

程式。

致谢:本调查化学方程式试卷由李惠娟老师设计。调查得到我的同事徐守兵老师、王海富老师和陈文婷老师的大力支持。我的学生参与了调查结果的统计,特此一并致谢!

参考文献:

- [1] 刘芳. 江苏省高中生化学学习兴趣和学习动机的调查研究[J]. 化学教学, 2015, (6): 22~26.
- [2] 杨艳红. 书写信息型化学方程式的备考策略[J]. 化学教育, 2009, (5): 34~35.
- [3] 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.