

培养学生证据意识的化学教学策略

喻俊

【摘要】科学结论大都是以证据为基础通过推理得到的,培养学生的证据意识对于发展其证据推理素养具有不可替代的作用。在化学教学中,应通过辨析结论与证据,唤醒证据为本意识;通过史实再现与体验,渗透证据加工范式;通过开展猜想与假设,拓宽证据收集广度;通过重视探究与体验,提升证据收集能力;通过综合解释与论证,检验证据关联水平。

【关键词】证据推理;证据意识;核心素养;化学教学

中国学生发展核心素养对科学精神素养提出如下要求:“尊重事实和证据,有实证意识。”^[1]其中包含了对学生证据意识的要求。在心理学中,意识指人的认识活动,所谓“意识到”,也就是“认识到”。意识既是一种认识形式,也是一种反映形式。证据意识指学生在学习过程中对证据的作用和价值的一种觉醒和知晓的心理状态,是学生在面对学习问题和说服他人时重视证据并自觉运用证据的心理觉悟,包括收取、保存和运用证据的意识。^[2]

新版普通高中物理和生物学课程标准都在科学思维素养中提出了尊重事实和证据的要求,化学课程标准更是在证据推理与模型认知素养中明确提出“具有证据意识,能基于证据对物质组成、结构及其变化提出可能的假设,通过分析推理加以证实或证伪;建立观点、结论和证据之间的逻辑关系”^[3]。强调证据意识,是因为科学结论大都是建立在一定的证据基础之上的。帮助学生树立证据意识,既是对科学结论的尊重,又能使他们保持对结论的谨慎态度,还有助于培养他们的质疑精神,让他们学会凡事“讲证据”。在这样的课堂文化影响下,学生能更好地体悟科学知识是有“理”的。

一、辨析结论与证据,唤醒证据为本意识

证据就是证明的依据,是人们在从未知达到已知的认识过程中用来推理的材料。在化学学科中,

证据已经成为一个专业术语,即在探究活动过程中用来验证猜想是否科学的事实性材料,包括科学史料、实验现象、生活现象、调查数据等。对证据进行严格的推理以得出新的结论,既有利于学生理解和记忆推理结果,又有利于培养他们的逻辑思维能力。培养学生的证据意识,首先要使他们明确什么是结论、什么是证据、什么是推理,以及三者之间的逻辑关系如何(见图1)^[4]。

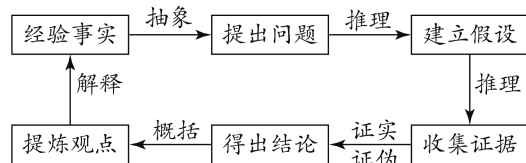


图1 结论、证据、推理之间的逻辑关系

所谓结论,是通过推理得出的结果,是对事物作出的总结性判断。它是一种肯定或否定某种事物的存在,或指明某种事物是否具有某种属性的陈述。^[5]结论多表现为化学实验事实、化学基本概念、化学基本规律、化学基本观念、化学实验操作、科学学习方法等,如“氯气与铜在点燃条件下反应生成氯化铜”“氯化氢溶于水后发生电离”“有离子参加的化学反应称为离子反应”“元素的非金属性越强,其最高价氧化物对应的水化物酸性越强”等。可以看出,结论多表现为教材上的知识点,也就是所谓的“考点”。要唤醒证据为本意识,应引导学生从“为什么”“怎么

样”“如何检验”“如何证明”等角度思考如何得出结论,由此使学生萌发收集证据的意识。例如,要得出“氯气与铜在点燃条件下反应生成氯化铜”的结论,教师可以引导学生思考“如何检验反应生成物是氯化铜而非氯化亚铜”,使他们利用实验收集“反应的产物能溶于水且其水溶液呈蓝色”的证据,由此得出结论。化学教学中得出结论的方法主要包括比较、分类、归纳、概括和体验等。

二、史实再现与体验,渗透证据加工范式

科学史实际上就是科学研究的证据线,教材编者在设计教材整体框架时已经充分考虑了科学史的融入。教学中,应借助化学史上的理论分析与实验探究,为学生树立典范,让他们感悟、体验科学家在提出问题到解决问题的过程中展现出来的智慧,领略科学家追求真理的严谨态度和不懈探索的科研作风。

例如,对于“原子结构”的教学,可以根据化学史梳理出一条围绕“原子结构模型”这一核心概念和“原子结构模型是如何变化的”这一核心问题的认识主线。认识主线上的每个内容节点都有重要的实验证据作为支撑,由此形成的证据主线展现出原子结构模型的发展是“讲证据”的(见图2)。又如,对于“化学能与电能”的教学,可以再现伏打还原原伽伐尼“解剖青蛙实验”的历史,利用控制变量、对比等实验方法获得关键证据,由此说明青蛙腿的痉挛并不是由其自身造成的,而是由两种不同的金属同时接触蛙腿造成的,从而确定“动物电”是不存在的。^[6]当然,受特定历史时期科学理论和实验条件的限制,早期科学家的研究结论可能会被不断推翻。这也正反映出随着科学和技术的进步,人类对物质世界及其

变化的认识会更加接近真实。前期的错误结论被否定或修正,正是“求真”精神在科学研究过程中的体现。

三、开展猜想与假设,拓宽证据收集广度

“假设—检验”的论证框架认为,科学家的思考是从提出假设开始的,而假设需要通过实验来检验,这一过程就是一种论证。科学探究能帮助学生澄清自己的固有认识,修正自身在认识、判断上的不足。^[7]在探究过程中充分开展科学论证,鼓励学生评价相异观点,对现象进行多样化的假设和解释,能提升学生建构科学观点和形成科学态度的可能性,帮助他们养成怀疑意识,发展理性思维和批判性思维。

例如,大多数关于氯气性质的教学都是直接给出氯气能和非金属单质、酸、盐等物质发生反应。对于学生来说,这只是一种浅层次的学习。为了培养学生的证据意识,教师应让学生思考以下问题:氯气可能具有哪些化学性质?能与哪些物质发生反应?可能生成什么产物?会观察到什么现象?学生可以根据氯气所属的物质类别来初步猜想其化学性质。例如,氯气和氧气一样都是非金属单质,根据氧气的化学性质,可以初步预测氯气能与哪些类别的物质发生反应。至于预测是否准确,则要以实验事实为准。以“铁在氯气中燃烧会生成什么物质”这一问题为例,可以结合铁有+2、+3两种化合价,猜想产物可能为 FeCl_2 或 FeCl_3 。相比直接进行实验,上述猜想与假设的过程有助于学生掌握根据物质类别及元素化合价来预测物质化学性质的程序与方法。

如下页图3所示,在研究物质性质的过程中,预

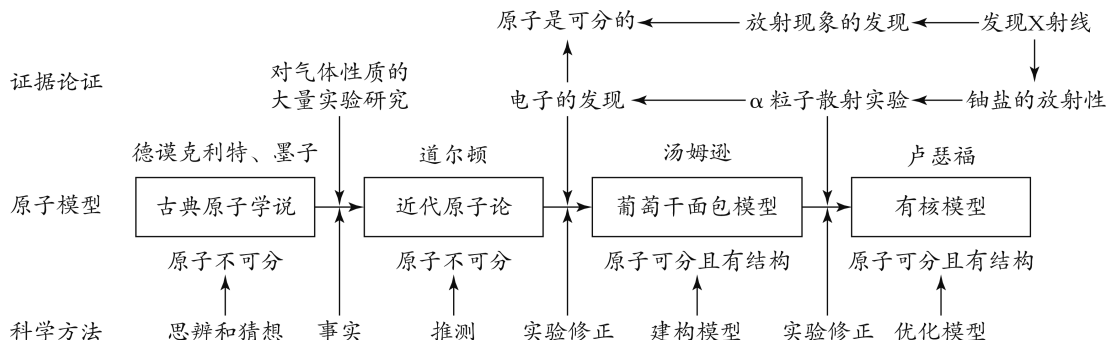


图2 原子结构模型的发展历程

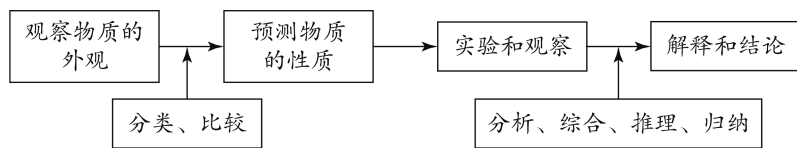


图3 研究物质性质的基本程序

测性质、设计实验、观察现象并对现象进行分析和解释、对结论加以整合,都是非常重要的环节。随着学生知识基础的不断深厚,他们猜想与假设的范围会不断扩展,这就要求学生拓宽证据收集的广度,生成更多可用于推理的可靠证据。

四、重视探究与体验,提升证据收集能力

化学学科的发展历史表明,实验是研究化学问题的重要方法和手段。在化学课堂上,实验既是学生获得知识的常见途径,也是学生收集证据的重要方式。相比直接告知结论,开展实验有利于学生获得更多对物质性质及其变化的感性认识。除了通过实验收集证据,教师还要注意培养学生对证据的敏感性^[8],让他们掌握证据的识别、收集和提取。真实的实验现象并不总是与学生的“期待”一致,实验中可能会出现意想不到的甚至与学生预期完全相反的现象。

提出假设:硝酸是强氧化剂,铁能被稀硝酸氧化为+3价。

设计实验:向铁与稀硝酸反应后的溶液中加入KSCN溶液。如果溶液变为血红色,说明生成了 Fe^{3+} 。

进行实验:将铁粉加入稀硝酸中,一段时间后再向其中加入KSCN溶液,观察实验现象。

教师:观察到血红色了吗?

学生:没有。

教师:由此你能得出什么结论?

学生:铁不能被稀硝酸氧化为+3价。

教师:大家是否同意上述观点?(学生讨论)

学生:有没有可能是因为铁加过量了,导致铁与生成的 Fe^{3+} 发生了反应?

教师:如何验证你的想法?

学生:向稀硝酸中加入少量的铁粉。

进行实验:将少量铁粉加入稀硝酸中,一段时间后再向其中加入KSCN溶液,观察实验现象。

教师:这次观察到了什么现象?

学生:溶液变为血红色,说明铁能被稀硝酸氧化为+3价,假设成立。

科学发展史上曾有不少科学家忽视了实验中的异常现象。舍勒在研究软锰矿时无意间制得了一种黄绿色的气体,却因未加重视而无缘氯元素的发现。相比之下,波义耳发现酸碱指示剂既与他善于观察、勤于思考、勇于探索密不可分,也与他异常现象保持高度敏感有关。记录实验现象时,不仅要记录那些符合预期的现象,更要关注那些异常的现象。教学中,可通过实验探究活动促进学生证据意识的形成,使他们在证据意识的牵引下,提问有依,论证有据。

值得一提的是,实验是学生获得证据的重要方式,但不是唯一方式。在中学化学课堂中,一些结论是无法通过实验得出的,此时可通过文献查阅、数据统计、实地调查等其他方式锻炼学生的证据收集能力。

五、综合解释与论证,检验证据关联水平

学生将知识转化为能力的表现之一就是能够应用现有知识解决新情境中的具体问题。发展学生的证据推理素养,还需要关注推理过程中证据与结论的关联性,考查在现有的证据条件下结论是否成立。在讲授元素周期律中原子半径的规律时,教师往往会给出主族元素的原子半径图(见图4),期望学生能

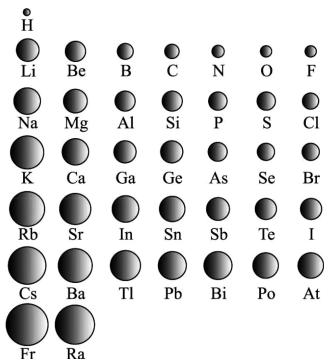


图4 主族元素原子半径

够归纳得出同主族、同周期元素原子半径的变化规律。

学生:通过图片可以得出,同主族元素的原子,从上到下半径依次增大;除稀有气体外的同周期元素的原子,从左到右半径依次减小。

教师:结合原子结构示意图可以得出,原子的电子层数越多,半径越大;电子层数相同时,核电荷数越小,半径越大。

学生:按照上述规则,Li的半径应该比较小。但数据显示第三周期的Al、Si、P、S、Cl的原子半径均小于第二周期的Li,是规则错误还是数据有问题呢?

从比较的规则可以看出,原子半径大小受电子层数、核电荷数、电子数等的影响。有教材指出,对于同一周期元素的原子半径来说,可以认为核电荷数的影响占主导^[9];在同一主族中,电子层数的增多起主要作用^[10]。但未提及不同周期或不同主族元素原子半径的比较方法。

要比较不同周期或主族的两种元素的原子半径大小,最具说服力的证据肯定是数据而非规则。尽管根据相应的规则有可能得出一些准确的结论,但这是对应关联而非逻辑关联。规则不是证据,更不能替代证据。若经常性地将规则等同于证据,容易导致忽视证据本身、弱化论证过程、盲目追求“结论”等后果,不利于学生证据推理素养的发展。教师也要在教学评价中作出相应的改变,优化测评方式。

当前的化学课堂缺少的不是结论,而是证据和论证。大多数教材呈现给学生的是高度简化的事实观点(科学结论),少有甚至没有收集信息和提炼事实的方法以及得出结论的依据。受限于学生的认知水平和教学难度要求,教材中的一些实验设计会有意无意地忽略一些变量或遮蔽一些观点,尤其是那些值得质疑和论证的观点。此外,受化学变化复杂性等特点的制约,要在教学中建立起证据和结论的

完美逻辑关系是极为不易的,这给学生学习和教师教学带来了极大的挑战。但是,提升证据意识的课堂教学绝不能局限于让学生获得更多的结论,还要关注通过什么证据、如何论证才能得出这些结论。相信通过指向证据意识培养的化学教学,学生一定会更好地意识到科学是“讲道理”的,得出结论是要“讲证据”的。

参考文献:

- [1] 核心素养研究课题组. 中国学生发展核心素养[J]. 中国教育学刊, 2016(10): 2.
- [2] 吴克勇, 蔡子华. 证据推理解读及教学思考: 以化学学科为例[J]. 教育研究与评论(中学教育教学版), 2018(1): 80.
- [3] 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: 4.
- [4] 颜肖肖, 林海斌, 叶跃娟. 基于证据推理, 建构理性课堂: 以“氨基酸”的教学为例[J]. 化学教学, 2021(12): 30.
- [5] 郑长龙. 论化学教学中学生得出结论能力的发展[J]. 化学教育, 2003(7/8): 11-12.
- [6] 匡林文. 基于化学核心素养的教学设计: 以“化学能与电能”为例[J]. 化学教与学, 2020(12): 75.
- [7] 邓阳, 王后雄. 科学教育中融入科学论证的必要性分析: 基于科学本体、科学学习和国际比较视角[J]. 外国中小学教育, 2014(3): 61.
- [8] 陈花. 基于证据推理意识和能力培养的高中化学教学实践[J]. 福建基础教育研究, 2020(2): 123.
- [9] 北京师范大学无机化学教研室, 华中师范大学无机化学教研室, 南京师范大学无机化学教研室. 无机化学(上册)[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2010: 93.
- [10] 陈亚光, 胡满成, 魏朔. 无机化学(上册)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2011: 30.

【作者简介】喻俊, 上海交通大学附属中学教师。

【原文出处】摘自《中小学教材教学》(京), 2023. 10. 58~62