



新人教版高中化学教材“元素周期律”的进阶设计与教学建议*

杨艳君¹ 严文法² 万盈盈²

(1. 新疆大学附属中学 新疆乌鲁木齐 830046; 2. 陕西师范大学化学化工学院 陕西 西安 710119)

摘要:以人教版新教材必修、选择性必修“元素周期律”主题内容为载体,从学习进阶的角度构建层级模型,分析教材内容、栏目设置以及习题设计的编写意图与编排逻辑,为教师使用新教材组织教学活动,指引学生构建认知模型、训练高阶思维提供相关建议。

关键词:人教版新教材;学习进阶;元素周期律;模型构建

文章编号:1008-0546(2023)01-0045-05

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1008-0546.2023.01.009

一、问题提出

《普通高中化学课程标准(2017年版)》(以下简称新课标)从不同进阶维度对化学学科核心素养和化学学业质量水平进行层级划分和表现描述,强调“教材内容编排与呈现要根据学生认知的发展性、阶段性特征确定内容的深广度,促进学生不同认知水平的进阶发展”^[1]。课程标准是教材编写的依据,教材是课程标准的物化形态。在新课标的指导下,2019版人民教育出版社高中化学教科书(以下简称新教材)从学科本质出发优化了教材体系结构,关注从必修到选择性必修的学习进阶,将化学学科逻辑、教师教学逻辑与学生学习逻辑进行有机融合。^[2]

元素周期律作为中学化学的重要基础理论,其教学能够使学生系统地认识元素和物质性质,^[3]获得“位—构—性”的系统认知,建立“结构决定性质,性质反映结构”的学科观念,^[4]是培养学生“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”等化学学科核心素养的重要内容载体。

研究教材元素周期律的进阶设计,有助于教师准确把握教材的编写意图与组织逻辑,开展基于学习进阶的教学设计与实施。本文以新教材必修第一册和选择性必修2“物质结构与性质”的“元素周期律”内容主题为研究对象,从进阶角度剖析核心概念的内容编排和编写特点,为“元素周期律”的概念教学实践提供借鉴。

二、“元素周期律”的学习进阶构建

学习进阶是围绕核心概念展开的,用于刻画学生对某一知识主题连续的、逐步深入的认知发展过程。^[5]分析核心概念学习进阶,能够准确把握概念体系,理解建构的过程。

随着研究的不断深入,在强调描述学生于不同时期学习同一科学领域核心概念的认知发展路径的同时^[6],关于学习进阶的研究逐渐倾向于采用大规模的教育测量构建发展模型。^[7]ChemQuery测量系统将核心概念分成观念、识别等5个水平,^[8]对于测评学生学习每个化学观念变量具有显著作用。结合上述系统的层级划分、新课标的相关要求以及教材概念发展的进阶过程,确定了原子结构、元素周期表、元素周期律、电负性、电离能这五个元素周期律主题下的核心概念,选用“全景图”揭示元素周期律学习进阶层级模型如表1所示。

三、新教材“元素周期律”进阶设计分析

1. 新教材“元素周期律”知识进阶设计分析

新教材必修第一册在介绍碱金属元素钠、卤族元素氯以及铁、铝等常见金属元素的基础上,由“原子结构完善人们对元素周期表的认识”这一化学史引入质量数、电子层、原子核外电子排布等有关原子结构识别层次的内容,帮助学生认识到用原子结构诠释元素周期表、用元素周期表推测原子结构和分析元素性质的合理性,并据此分析元素周期表的编排结构,发掘

*本文系陕西师范大学研究生教育教学改革研究项目“基于核心素养发展的化学专业学位案例教学与案例库建设研究”(项目编号:GERP-20-38)阶段性研究成果。



表1 元素周期律学习进阶层级模型

进阶水平	进阶层次	水平描述	核心概念
1	观念 Notions	1. 基于已有的经验和常识,能够说出原子是构成物质的微观粒子,在化学变化中不可再分,物理变化中可再分; 2. 了解元素是宏观的,在化学变化中不改变; 3. 意识到元素周期表的编制有一定规律性,但不清楚具体规律。	原子结构 元素周期表
2	识别 Recognition	1. 使用严谨规范的化学术语表述元素周期律的定义; 2. 能够说出元素周期表的结构; 3. 使用原子结构示意图表征核外电子的分层排布。	原子结构 元素周期表 元素周期律
3	形式化 Formulation	1. 准确叙述电负性和电离能的定义; 2. 用位置关系解读元素周期表; 3. 归纳总结同周期、同主族元素性质的递变规律,描述原子结构和元素周期律的相关性; 4. 正确书写电子排布式和电子排布图。	原子结构 元素周期表 元素周期律 电离能 电负性
4	建构 Construction	1. 通过元素周期律和原子结构预测、分析、比较元素性质以及在元素周期表中的位置; 2. 建构认知模型,并使用认知模型解释原子结构、电离能、电负性等概念与元素性质的推理关系; 3. 参照元素周期表推断元素的电离能、电负性大小关系。	原子结构 元素周期表 元素周期律 电离能 电负性
5	生成 Generation	对发现新元素、制造新物质、开发新材料提出大胆的假设和推理。	原子结构 元素周期表 元素周期律 电离能 电负性

元素周期表蕴藏的信息。

“思考与讨论”栏目通过碱金属、卤族元素的原子结构指引学生探讨同主族元素的电子层数、最外层电子数与元素位置以及化合价、金属性、非金属性等性质的关系。沿用该方法对第三周期元素进行探析并总结递变规律,使学生初步认识元素周期律,达到水平3形式化层级。此外,新教材提供了依照元素位置预测化学性质及应用的方法,彰显了“位—构—性”三者关系的学科价值,为学生在下一章学习硫、氮等非金属元素提供了方法指导。

选择性必修模块在必修第一册的基础上结合化学史用构造原理、泡利原理、洪特规则等思维模型描述电子云和原子轨道,介绍核外电子排布的一般规律和电子排布式、电子排布图等符号表征方式,增进学生对原子结构的微观认识,体现了新教材基于进阶的设计理念。

“探究”栏目促使学生从更深层次思考元素周期表区域划分与原子结构间的关系,了解不同区域元素的化学通性,预测未知元素的结构与性质,加强对分类观以及“位—构—性”的理解应用。新教材还在元素周期律的基础上引入了“电离能”“电负性”的概念,

提供具体数据展现元素性质的变化规律并引导学生通过原子结构解释原因,提升学生应用相关核心概念处理复杂的化学情境的能力,符合知识的自身逻辑与学生的认知发展顺序。

参照新教材的编排内容绘制了元素周期律进阶层级图(如图1所示),阐释了元素周期律主题下原子结构、元素周期表、元素周期律、电离能、电负性这五个核心概念由低到高的进阶逻辑。由内而外呈现出从“观念”到“生成”的逐层递进,梳理了基本概念间的进阶关系。

其中原子结构、元素周期表的下位概念以识别、形式化水平为主,其他描述元素性质的下位概念分布在形式化和建构层级。生成层级是对所有概念的综合运用,因此没有边界限制,也没有与之匹配的具体概念。

同时,元素周期律进阶层级图和“位—构—性”关系模型之间形成对应关系,原子结构可以决定元素在周期表中的位置,也可以用于决定、解释和预测金属性、非金属性以及电离能、电负性等元素的性质。反之,元素性质也可以反映元素在周期表的位置以及原子结构。

表2 新教材元素周期律知识进阶水平划分

模块	章节		核心概念	基本概念	进阶层次	进阶水平			
必修	第四章	第一节 原子结构与 元素周期表	原子结构	原子核、核外电子、质子、中子、质量数、电子层、原子光谱、原子结构模型	识别	2			
			元素周期表	周期、族、同位素、核素 碱金属元素、卤族元素	识别 形式化	2 3			
	元素周期律	第二节 元素周期律	元素周期律	原子半径、核外电子排布、化合价 元素周期律、金属性、非金属性	形式化 形式化	3 3			
			元素周期表	金属元素、非金属元素 元素周期表	识别、形式化 建构	2,3 4			
	选择性必修2	第一章 原子结构与 性质	第一节 原子结构	原子结构	能层、能层序数、能级 基态原子、激发态原子、原子光谱 电子云、原子轨道	形式化	3		
				元素周期表	元素周期表			金属元素、非金属元素 过渡元素、半金属、类金属 元素周期表	建构 形式化、建构 生成
元素周期律					元素周期律、元素周期系、原子半径			形式化、建构、生成	3,4,5
元素周期律		第二节 原子结构与 元素的性质	电离能	第一电离能、逐级电离能	形式化、建构、生成	3,4,5			
			电负性	电负性	化学键、键合电子 电负性、金属性、非金属性	形式化 形式化、建构、生成	3 3,4,5		

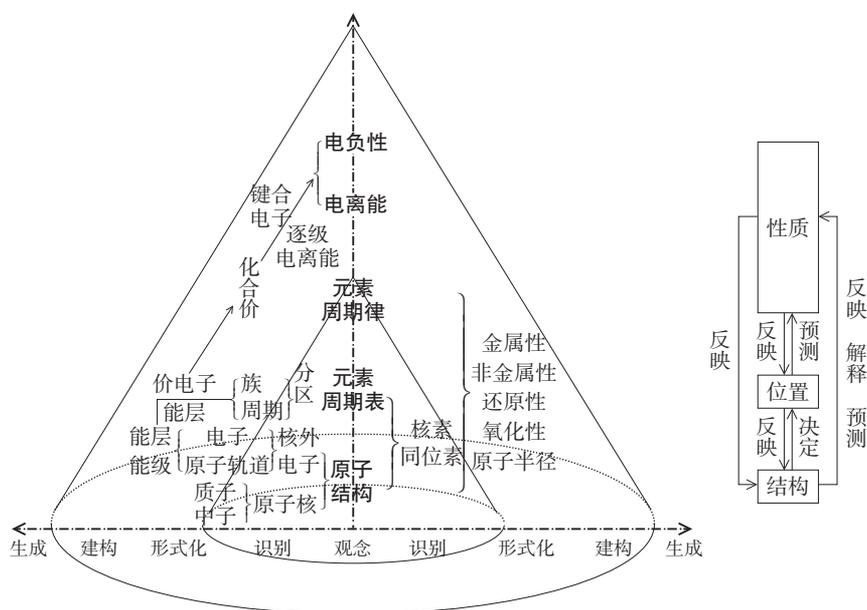


图1 新教材元素周期律进阶层级图

2. 新教材“元素周期律”思维进阶设计分析

必修第一册元素周期律主题在认识原子结构的基础上,结合电子层、最外层电子数等基本概念简单分析元素周期表。利用科学史话“原子结构模型的演变”使学生认识到当前对原子结构的认识有待进一步

研究深化。同时提及核外电子排布规律是根据原子光谱与理论分析得出的,为学习选修模块埋下伏笔。

“方法导引”栏目强调“预测”对化学研究的重要性,采用POE(Predict-Observe-Explain)即“预测—观察—解释”策略,^[9]以碱金属和卤素为代表探析原子结



构与元素性质的关联。以第三周期元素为例,采用预测、实验比较、信息获取等手段,经过类比思考总结出元素周期律,搭建“微观预设→宏观验证→类比迁移→总结规律”的浅层认知模型。

选择性必修模块同样以原子结构开篇,在原子轨道理论、构造原理、泡利原理等学习过程中,学生逐步认识到之前对原子结构的认知是不精准的。用能层、能级等下位概念“再探元素周期表”,解释元素周期表的周期、族、分区等划分的原因。借助变量关系模型^[9]分析元素周期律、电离能、电负性等变化关系。例如:在“探究”环节让学生以第三周期主族元素、碱金属元素和卤族元素作为因变量,电负性作为自变量绘制折线图,使抽象的概念可视化。进一步发展学生运用“位—构—性”的能力,落实“微观预设→宏观验证→类比迁移→总结规律→理想化加工→解释论证→模型表征”的认知模型层级进阶。

在教材栏目的指导下,学生构建的“位—构—性”认知模型体现出从简单到复杂、从高度概括到具体凝练、从有模糊意识到有明确认识的发展变化,体现了由低层级到高层级的思维进阶。

四、基于学习进阶的“元素周期律”教学策略

人教版新教材关于“元素周期律”主题内容的编写体现了新课标的建议和意见,无论是教学内容还是习题编制都能显现出学习进阶的思路、理念。教师要合理使用新教材组织教学,促进学生认知水平的进阶发展。

1. 注重认知模型的进阶发展

教师应聚焦于新教材内隐的进阶逻辑,掌握教学内容与学生已有的经验、学科能力间的匹配程度,制定相宜的教学目标。借鉴教材的设计思路,在学习必修第一册第二章钠、氯以及第三章铁、铝等元素时,有意识地启发学生从原子结构着手分析元素的化学性质,为探究元素周期律埋下伏笔。

在第四章的教学活动中,带领学生回顾之前所学的内容,从熟悉的钠、氯元素的性质入手,嵌入新教材“思考与讨论”“探究”等多元栏目,总结同周期、同主族元素性质的递变规律。辅助学生梳理核心概念和基本概念间的进阶关系,初步构建认知模型。在后续学习硫、氮等元素性质时,不断强化对认知模型理解运用,击破学生割裂地分析单一元素、死记硬背元素性质的认知壁垒。

教授选择性必修模块时,教师要制定培养学生

“生成层级”能力的教学目标,立足于学科整体,着力于核心概念、基本观念与学科思维的结构化。要从必修模块所掌握的“元素周期律”相关概念出发,帮助学生在问题解决过程中建立新旧概念的联系。利用“问题”“解释与整理”“讨论”等环节,从更深层次理解剖析元素周期表等核心概念,在处理复杂情境的过程中不断反馈、修正、整合最终构建成熟的认知模型。

在此后的教学中,也要关注核心概念的迁移性,从微观结构剖析纷繁的无机化学反应现象背后的理论原理,促进对元素观、微粒观等化学观念的深入理解。

2. 沿袭科学史实的演进历程

分析元素周期律主题下的相关概念,可知原子结构、元素周期表、元素周期律、电离能、电负性这五个核心概念,按历史演进的方式呈进阶趋势,与学生的认知发展规律吻合,与新教材“元素周期律”内容的编制顺序一致。

科学史话在新教材中占据重要地位,不能单纯地将其视为激发学习兴趣的故事情境,而是要认识到学生思维发展路径与化学史演进的相通之处。应当研读教材和课标,选择符合教学活动的科学史实,让学生沿着历史发展顺序修正错误观念,沿袭科学家建构科学模型的思维路径逐步建立深层次的认知模型。

教师可以根据学生的认知发展水平对教材内容加以拓展。例如:电负性最初被贝采里乌斯视为原子吸引电子的能力,后被当作第一电离能和第一电子亲和能的算数平均值;直到鲍林基于实验确认电负性的计算尺度并在他人的修正下得到学术界的认可,^[10]才形成了教材中关于电负性的描述。通过这段历史,学生能认识到电负性是一种对元素性质定量解释的、理想化的思维模型,不仅能更好地理解电负性的本质,还能意识到假想、预测是模型建立的应然路径,充分发挥化学史承载的科学定律和科学理论功能。^[11]

3. 发挥课后习题的诊断作用

“练习与应用”“复习与提高”是新教材的重要组成部分,也是教学评价的重要载体。^[12]新教材“元素周期律”主题的课后习题,从必修到选择性必修显现出清晰的进阶趋势。

必修模块原子结构的习题集中在识别层级。元素周期律、元素周期表的习题设计以识别、形式化为主,少数涉及更高水平,如以陌生元素(Ts、Og等)为介质,检测学生从微观本质探讨宏观现象、用认知模型



处理复杂问题的能力,充分发挥了教学评价的诊断和发展功能。

选择性必修模块习题设计综合性强,体现出从水平3“形式化”到水平5“生成”的进阶。要求学生描述陌生元素的原子结构,根据元素周期表预测元素性质,或参照电离能等性质倒推原子结构。综合主、客观题对元素性质证明或证伪,采用多种途径外显思维过程,借助真实情境从不同维度考查学科核心素养的发展程度。

教师可以将新教材的习题作为诊断工具,在教学过程中实时反馈学习结果,了解学生的认知层次。要链接过程性评价和结果性评价,依照诊断结果及时调整教学方案,设置更高水平的教学目标并组织开展教学活动,明确后续训练的深度和广度。

在权衡课程标准的要求和学生实际学习的需求之后,要有针对性地筛选适应学生层次的习题,对证据推理与模型认知等核心素养展开多维度的考查,避免机械套用解题模板。围绕综合信息设置题目,注重问题情境和测试任务的深度关联,训练学生提取、甄别、加工信息的能力,促使学生从被动地接受科学模型转化为主动地构建认知模型。从而确保对科学本质的培养,实现对化学学科核心素养的培育。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.

- [2] 王晶. 融合学科核心素养的高中化学教科书编制——简析人教版《普通高中教科书化学·必修》的变化特点[J]. 中学化学教学参考,2019(15):1-4.
- [3] 朱鹏飞,陈敏,孙逸明. 化学学科核心素养导向的教学设计——以“元素周期律”为例[J]. 化学教学,2019(10):37-42.
- [4] 邓仲华,陈丽萍. 新旧人教版化学教材核心概念呈现的比较——以“元素周期律”为例[J]. 化学教学,2021(04):44-48.
- [5] 魏昕,郭玉英. 与学习进阶相适宜的科学探究课程方案述评[J]. 课程·教材·教法,2018,38(03):139-143.
- [6] 王禹超,王后雄. 基于学习进阶的中学化学“能量观”建构策略[J]. 化学教与学,2019(03):16-20.
- [7] 姚建欣,郭玉英. 为学生认知发展建模:学习进阶十年研究回顾及展望[J]. 教育学报,2014,10(05):35-42.
- [8] 孙影. 基于ChemQuery评价系统的化学变化学习进阶研究[D]. 济南:山东师范大学,2015.
- [9] 刘岩,季春阳. 三版高中化学教科书中“元素周期律”模型建构比较研究[J]. 化学教学,2022(02):30-35.
- [10] Wartha E J, dos Santos C M A, da Silva R A G. The Concept of Electronegativity: Approximations and Separations in Chemistry Textbooks [J]. Education, 2013, 3(2): 113-117.
- [11] 严文法,王小梅,李彦花. 新课标视域下化学史的科学本质教育功能研究[J]. 化学教学,2020(01):3-7.
- [12] 杨国贤,杨诗敏,李佳,汪朝阳. 化学学科核心素养在高中教材习题中的表现——以人教版教材为例[J]. 化学教育(中英文),2021,42(21):17-21.

(上接第58页)

- [2] 刘臣,左京平. “证据推理与模型认知”素养导向的“沉淀溶解平衡”教学实践与反思——以促进学生对沉淀转化实质的认识教学为例[J]. 化学教育,2020(09):63-67.
- [3] 胡久华,郇乐. 沉淀溶解平衡教学中驱动性问题链的设计与实践[J]. 化学教育,2012,33(09):55-59.
- [4] 张弛. 化学文化观照下的核心素养培养——以“沉淀溶解平衡”为例[J]. 化学教育(中英文),2019,40(17):65-69.
- [5] 刘玉荣,刘倩. 基于发展学生化学核心素养的教学设计——以“沉淀溶解平衡”为例[J]. 化学教育(中英文),2019,40(19):41-46.
- [6] 东启云. 基于化学观念的“难溶电解质的溶解平衡”的教学研究[J]. 中学化学教学参考,2017(06):17-19.
- [7] 范德超,黄萍,杨国章,冉鸣. 基于曲线问题情境的信息化教学尝试——以“沉淀溶解平衡”为例[J]. 化学教育(中英文),2021,42(23):77-81.
- [8] 盛俭发,徐泓,吴宣东. 数字化实验在沉淀溶解平衡模型建构中的应用[J]. 中学化学教学参考,2017(23):46-47.
- [9] 曾凤英. 加强课例研究提升学科素养——以《沉淀溶解平衡》课例研究为例[J]. 中小学实验与装备,2017,27(06):46-47.
- [10] 王祖浩.《普通高中课程标准(2017年版2020年修订)》教师指导(化学)[M]. 上海:上海教育出版社,2020:236-239.