

全国中文核心期刊

化学教育

2018年第4期
总第371期

CHINESE JOURNAL OF CHEMISTRY EDUCATION

◎ 中学生学科竞赛将化学竞赛科目竞赛能力考查——基于NVIVO软件

◎ 全国卷化学实验能力考查特点分析——基于SOLO与LPs融合的视角

◎ 浅议中学化学教学联系化工案例的思索与实践

◎ “难溶电解质的溶解平衡”的教学设计、实施与反思

◎ 氯气与氨化氢反应实验的优化改进

◎ 深刻理解体验相互竞争的平行反应



教育部主管

华东师范大学主

办

2019年第2期

2019年第2期

(1979年创刊·月刊)

专 论

总第371期

· 教师发展 · 3 S₂O₃²⁻分类理论在评价教学用硫代硫酸盐中的应用

邓 君 赵雷洪

——以“二氧化硫的性质和应用”为例

主管单位

课改前沿

教育部

· 专题研究 · 7 中学生高考科目选择能力调查:基于NVivo的分析

竺丽英 王祖浩 全微雷

主办单位

华东师范大学

《化学教育》编辑部(上海) 委托编辑: 孙影、信啟、连 敏

聚焦课堂

——以“模拟酒精测试仪”为例

宋 蕊 占小红

34 基于“三序结合”的化学教学设计

——以“不同类型的晶体”为例

王星乔 周千红 包朝龙 赵贤祥

40 “化学平衡的移动”——遇两种教学方式的评价

丁正兵

· 精品课例 · 45 基于学科核心素养的初中化学教学设计

——以“质量守恒定律”为例

方石海 王公平

53 “难溶电解质的溶解平衡”教学设计、实施与反思

郑 军 潘 虹

实验研究

李崇颢 叶永棠 陈佳森

61 氢气与氯化氢反应实验的优视化改进

凌一洲 唐文伟 李恒之 蒋征余

64 放热反应实验

王建芬 齐俊林

73 蔗糖与浓硫酸反应实验的新设计

· 拓展探索 · 75 堂同物质溶解过程温度变化的实验探究

孙 影 信 啟 连 敏

70 海藻酸钠微球催化过氧化氢分解实验的研究

中国核心期刊(遴选)数据库来源期刊

中国学术期刊(光盘版)全文收录

中国学术期刊综合评价数据库来源期刊

中文科技期刊数据库收录

龙源期刊网全文收录

测量评

· 解题策略 · 82 用图示法快速解决溶液中的

· 考试评析 · 87 深刻理解体验相互竞争的平行

——兼重讨论2017年北

许亮亮 陈 懿 姚 禹 闵凯文

质子守恒问题 那泰宇

行反应

高中化学第28题 另立山 李立博

教学参考

例谈质子守恒的模型认知与教学价值

经志俊

· 问题讨论 · 92

广告经营许可证: 07018

EDUCATION IN CHEMISTRY

No. 2 2018 (SUM 371)

CONTENTS (Main topics)

University and	Analysis on chemistry comprehensive application-type problems in Australian VCE uni	
19)	Analysis on features of testing experimental skills in national examination sheet based on the visual angle of combining SOLO and LPs	Tong Wenzhao, Zou Guohua & Wang Houxiang (19)
	Education of chemical education to chemical engineering	Wang Qianhong, Gao Yung (20)
	Teaching design of interactive science and engineering experiment	Song Rui, Zhan Xiaohong (20)
	Analysis on two teaching methods for lesson "shift of chemistry equilibrium"	Wang Zhenbin (20)
	Teaching design of junior middle school chemistry based on subject core literacy-taking "mass conservation law" as an example	Hu Chaosheng (45)
	Exploring changes when iron chloride solution firing-teaching design of explorative experimental lesson	Xue Guifeng (50)
	Teaching design, implementation and introspection of "dissolution equilibrium of scarcely soluble electrolytes"	Zheng Jun, Pan Hong (53)
	Measuring gas rate	Li Chongjie, Ye Yongqian & Chen Guisen (58)
	Improvement of optimal vision for the experiment concerning the reaction between ammonia and hydrogen chloride	Ling Yizhou, Tang Wenwei, Li Hengzhi & Jiang Zhengyu (61)
	Several case-examples for the application of U-shaped tube in chemistry experiments	Song Guangliang, Li Decian (68)
	Innovative experiment design for the reaction between sugar and concentrated sulfuric acid	Wang Jianfen, Qi Junlin (73)
	Experimental study on hydrogen peroxide decomposition catalyzed by sodium alginate	Sun Ying, Xin Xin & Xu Min (75)
	Experimental study on hydrogen peroxide decomposition catalyzed by sodium alginate	Xu Jiali, Chen Yi, Yang Yong & Min Kun (76)
	Solving proton conservation problems in solution by graphic method	Xing Taivu (82)
	Profound understanding and experiencing of competitive parallel reactions—emphatically discussing problem 28 in chemistry sheet of 2017 entrance examinations for universities and colleges in Beijing	Wu Wenzhong, Li Wenbo (87)
	Talking about the cognition of proton conservation model and its education value based on examples	Ling Zhihui (92)

全国卷化学实验能力考查特点分析*

——基于 SOLO 与 LPs 融合的视角

童文昭^{1,3}, 邹国华², 王后雄³

(1. 福建省长汀一中, 福建长汀 366300; 2. 福建省龙岩第一中学, 福建龙岩 364000;

3. 华中师范大学考试研究院, 湖北武汉 430079)

摘要: 以“回归”全国卷后的 2015~2017 年全国 I 卷第 26 题化学实验题为样本, 结合 SOLO 分类理论及学习进阶(LP)理论, 从 SOLO 层级、LPs 层级、SOLO-LPs 融合难度值等三个角度, 对试题的能力结构进行分析, 并从考查范围与侧重点、考查方式与创新等方面对全国卷化学实验能力考查特点进行了归纳梳理, 提出相应的教学建议。

关键词: 全国卷; 化学实验; 能力结构; SOLO; 学习进阶

文章编号: 1005-6629(2018)2-0019-06

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

2017 年, 使用全国卷的省份已增加到 26 个。那么“回归”以来, 全国卷在命题立意、考查方式、考查要求、能力导向等方面有何特征或变化趋势。本文以 2015~2017 共 3 年的全国 I 卷第 26 题实验题为样本, 结合 SOLO 分类理论及学习进阶(LP)理论, 对试题的能力结构特点进行分析比较, 并尝试对其相对难度进行了标定, 以期发现“回归”以来全国卷对化学实验能力的考查特点及变化, 为日常化学实验教学及能力测评提供参考。

1 理论概述

基于标准化试题中的“问题”基本为“结构良好问题”, 有着明确的信息、目标及解决方案。因此, 问题解决的难度主要源自于信息与目标间的障碍及解决方案的选择障碍。与教育测量学领域喜欢用通过率表示问题难度不同, 教育心理学领域更多采用认知负荷理论、信息加工理论等对问题解决的认知心理过程进行分析。辛自强(2003)^[1]在“关系-表征复杂性模型的检验”中认为问题难度与问题解决难度为两个不同概念,

“关系复杂性”决定于问题内部关系的层级及数量, 是“问题难度”的主要属性; “表征复杂性”是问题关系复杂性与问题主体特点(如工作记忆容量、领域知识水平等)相互作用的结果, 是“问题解决难度”的本质属性。可以看出, 该模型中的“关系复杂性”实质上描述的是从信息加工到目标解决的思维复杂度, 而决定“问题解决难度”的“表征复杂性”则是思维复杂度与知识难度共同作用的结果。基于以上认识, 本文将从思维和知识两个层面融合分析问题解决的能力特点及要求。

1.1 SOLO 分类理论

彼格斯(Biggs)的 SOLO 分类理论(structure of the observed learning outcome)是一种“检测一个人回答某个问题时所表现出来的思维结构”的方法, 其根据回答问题时的表现将回答者的思维结构由低到高分五个层次(见表 1)^[2]。作为一项面向学习成果(问题回答结果)的评价方法, 该理论也可应用于问题内在能力结构的观测与评估。基于在设置问题时所期望获得的回答不可能是

* 本文系教育部人文社会科学研究规划基金项目“国家教育考试公平监测指标体系及保障机制研究”(项目批准号: 14YJA880066)的阶段性成果。

参考文献:

[1][2][5][6][7][8][9] Victorian Curriculum and Assessment Authority. Victorian Certificate of Education CHEMISTRY STUDY DESIGN, Accreditation Period Units 1 and 2 2016-2020 Units 3 and 4 2017-2021, 2015.

[3][4] Victorian Curriculum and Assessment Authority. Victorian Certificate of Education, CHEMISTRY Written Examination Tuesday 8 November 2016.

[10][11] Victorian Curriculum and Assessment Authority. 2016 VCE Chemistry examination report, 2016.

的思... 该层... 只需... 即可... 该层级... 需根... 信息和知识... 具有“关... 线索,在经... 关联进行推... (4)... 级思维具有... ”特征,需根据... 信息挖掘和拓... 式实现“超越经

是从... 度上考... 结构。然... 难度或应用... 要因素。学习... (LPs)作为一... 旨在“描述学... 能力、实践活... 学习发展历程”[3]。通... 一研究样本的跟踪实... 根据学生实际认... 水平层级的划分... 同阶段对某一... 反映了该... 知识主题的... 对应着高认... 知要求。... 的认知水平与知... 识本体... 于学习进阶... 知识... 学生对知识的认知... (... 度),而本文是从

阶段和回答层次		回答结构	
最高	线索	×	解答
对象广泛,结论	线索关系素材互关系设	能对未经历的情景进行概括	
	线索关系素材互关系	能在... 范围用相... 识概	
		只	
点同... 结构	同... 索... 事件进		
		拒绝,同... 义反复,转换... 混淆	

(学生)的角度去分析... 因此以知识的认知水平... 替知识本体难度。

2 化学实验能力-LPs分析模型

2.1 化学实验能力的层级分析

《... 标准》及《考试大纲》分... 学及考查作了相应的规... 表述的综合梳理,结合杨玉... “化学实验认识能力”学习进... 高考化学实验能力要求划分为... 型(表2)。对于试题的... 析,以每个小题或每... 从“SOLO层级”... 等级的

掘、知识的逻辑推理与... 能力结构进行分析... 述 SOLO分... 题中具体

不同层级的实验知识,则以最高层级确定该问题的 LPs 层级。

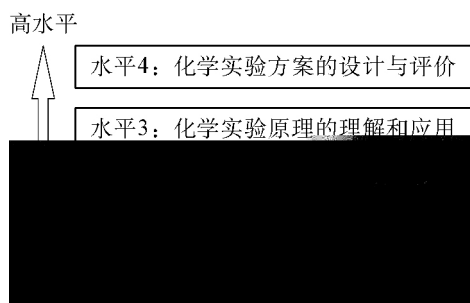


图1 “化学实验认识能力”学习进阶

表2 高考化学实验能力的学习进阶层级与类别^{[5][6]}

序号	实验能力要求
水平 1	实验药品、仪器及操作的识别和描述
1.1	了解化学实验室常用仪器的主要用途和使用方法
1.2	掌握化学实验的基本操作
1.3	能识别化学品标志
水平 2	实验事实的加工和处理
2.1	了解实验室一般事故的预防和处理方法
2.2	掌握常见气体的实验室制法(试剂、原理、装置)
2.3	掌握常见物质检验、分离和提纯的方法及性质实验
2.4	掌握溶液的配制方法
水平 3	实验原理的理解和应用
3.1	根据实验要求选择实验试剂、装置及操作方法
3.2	掌握控制实验条件的方法
3.3	预测、描述和解释实验现象、实验原理
3.4	分析或处理实验数据、得出合理结论
水平 4	实验方案的设计与评价
4.1	设计实验方案
4.2	评价或改进实验方案

2.2 SOLO-LPs 难度模型

基于“关系-表征复杂性模型”对“问题解决难度”的概念界定,可以认为本文从思维(SOLO)和知识(LP_s)两个层面构建问题解决难度分析模型具有一定的认知心理模型的检验价值。为更好地观测比较试题的考查特点和差异性,并避免单一视角下造成的偏颇,让分析结果所展现的问题解决难度更接近学习者的实际感受,我们把 SOLO 与 LP_s 融合合并进行量化赋分。因为问题解决难度

与问题的思维难度和知识难度都成正相关,因此采用 SOLO 和 LP_s 分别赋值再相乘合并统计的方式。需要说明的是,两者赋值相乘,是为解决单一表征造成的偏颇,故通过相乘来共同表征问题解决难度,乘积值仅用于区分问题间的相对难度大小。乘积值相同,并不代表难度或意义相同,正如测量领域中试题分析用得分率表示难度系数时,不同题的难度系数值相同仅代表得分情况相同,并不反映学生在解决这两题时的难度感受是一致的。

具体方法如下:(1) SOLO 难度赋值,按思维结构复杂程度递增,由 U 到 E 依次赋值: U = 1, M = 2, R = 3, E = 4; (2) LP_s 难度赋值,按进阶水平表现由低到高,依次赋值: 水平 1 = 1, 水平 2 = 2, 水平 3 = 3, 水平 4 = 4; (3) 合并难度赋值: 融合难度值(f) = SOLO 难度系数 × LP_s 难度系数。按上述规则,一个问题的总难度值最高为 16, 最低为 1(具体见表 3)。由于一道题由若干问题或小题组成,其难度和分值不等,为更好地纵向比较历年试题的难度差异,有必要对整道题的总难度值进行统计,具体计算方式如下: 整题难度值(F) = $\sum_i \%_i \times *_{i} \div *_{总}$, 其中: $\%_i$ 表示某难度值, $*_{i}$ 表示该难度值的合计分值, $*_{总}$ 表示整题的总分值。

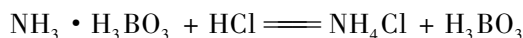
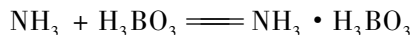
表3 SOLO-LPs 难度赋值规则

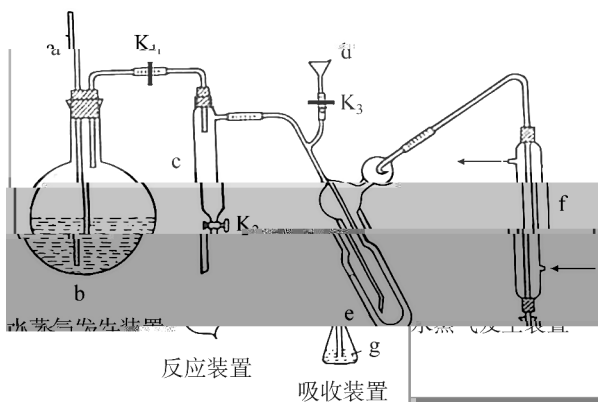
SOLO 难度 总难度 LPs 难度	U = 1	M = 2	R = 3	E = 4
	水平 1 = 1	1 × 1	1 × 2	1 × 3
水平 2 = 2	2 × 1	2 × 2	2 × 3	2 × 4
水平 3 = 3	3 × 1	3 × 2	3 × 3	3 × 4
水平 4 = 4	4 × 1	4 × 2	4 × 3	4 × 4

3 全国卷化学实验试题能力结构特点

3.1 2017 年全国 I 卷实验题能力结构分析

试题: 26. (15 分) 凯氏定氮法是测定蛋白质氮含量的经典方法,其原理是用浓硫酸在催化剂存在下将样品中有机氮转化成铵盐,利用如图所示装置处理铵盐,然后通过滴定测量。已知:





回答下列问题:

(1) a 的作用是_____。(2分)

[SOLO 层级]本小题考查实验装置的作用, 仅需从实验基本操作安全角度, 注意到“水蒸气发生装置”的压强问题, 无需关联其他素材信息即可解决, 故其 SOLO 思维结构具有“单点结构”特征, 属 U 层级。

[LPs 层级]从上述分析可知该问题所涉实验能力属“2.1 了解实验室一般事故的预防和处理方法”故 LPs 层级为 2。

[难度值] $f = 1 \times 2 = 2$

(2) b 中放入少量碎瓷片的目的是_____。

f 的名称是_____。(2分)

[SOLO 层级]本小题考查常见实验药品、仪器的名称和作用, 无需与实验背景素材关联即可依经验解决, 故其 SOLO 思维结构具有“单点结构”特征, 属 U 层级。

[LPs 层级]从上述分析可知本小题所涉实验能力属“1.1 了解实验室常用仪器的主要用途和使用方法”故 LPs 层级为 1。

[难度值] $f = 1 \times 1 = 1$

(3) 清洗仪器: g 中加蒸馏水: 打开 k_1 , 关闭 k_2 、 k_3 , 加热 b, 蒸气充满管路; 停止加热, 关闭 k_1 , g 中蒸馏水倒吸进入 c, 原因是_____; 打开 k_2 , 放掉水, 重复操作 2~3 次。(2分)

[SOLO 层级]本小题考查根据实验操作原理对实验现象进行解释。该问题的核心信息“倒吸现象”与初中化学实验中的“倒吸现象”, 并无原理上的区别, 根据原理, 再结合实验操作、装置结构等三方信息, 即可推断并描述倒吸的原因。故其 SOLO 思维结构具有“多点结构”特征, 属于 M

层级。

[LPs 层级]从上述分析可知本小题所涉实验能力属“3.3 描述和解释实验现象”, LPs 层级为 3。

[难度值] $f = 2 \times 3 = 6$

(4) 仪器清洗后, g 中加入硼酸 (H_3BO_3) 和指示剂, 铵盐试样由 d 注入 e, 随后注入氢氧化钠溶液, 用蒸馏水冲洗 d, 关闭 k_3 , d 中保留少量水, 打开 k_1 , 加热 b, 使水蒸气进入 e。(6分)

& d 中保留少量水的目的是

过”的原理、数据及化学方程式等素材进行关联性理解;最后在经验范围内进行“假设应用”(计算)。故其 SOLO 思维结构具有“抽象扩展结构”特征,属于 E 层级。

[LPs 层级]从上述分析可知本小题所涉实验能力属“3.4 分析或处理实验数据”,LPs 层级为 3。

[难度值] $f = 4 \times 3 = 12$

综上,整道题分值按难度值由低到高分布如下: $f = 1$ 的有第(2)小题,共 2 分; $f = 2$ 的有第(1)小题,共 2 分; $f = 6$ 的有第(3)小题,共 2 分; $f = 12$ 的有第(4)(5)小题,共 9 分;根据前述总难度值的计算方法,总难度值 $F = \sum f_i \times \%f_i \div \%F_{\text{总}} = (1 \times 2 + 2 \times 2 + 6 \times 2 + 12 \times 9) \div 15 = 8.40$ 。

3.2 2015~2017 年全国 I 卷实验题能力结构及难度的分析统计

根据上述方法,对 2015~2017 年全国 I 卷第 26 题的能力结构进行分析,其 SOLO 层级、LPs 层级及难度值(f/F)的具体分值占比统计结果分别见图 2、图 3 及表 4。

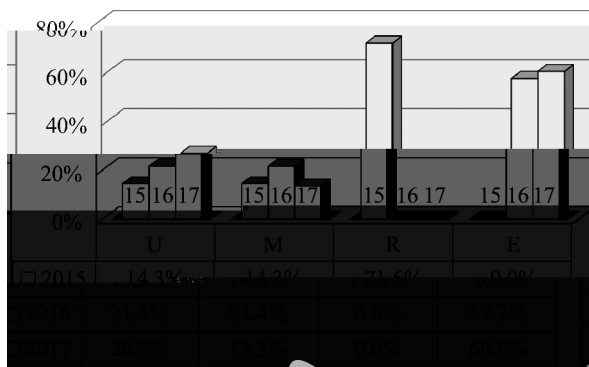


图2 2015~2017年全国I卷第26题SOLO结构

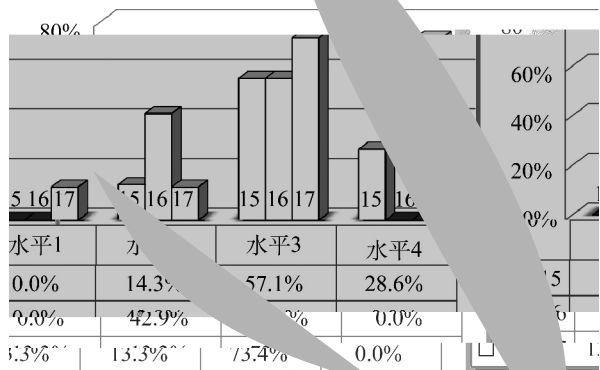


图3 2015~2017年全国I卷第26题LPs结构

表4 2015~2017年全国I卷第26题 SOLO-LPs 难度分布

f	1	2	4	6	8	9	12	F
2015		14.3%			14.3%	57.1%	14.3%	8.28
2016		21.4%	21.4%				57.2%	8.14
2017	13.3%	13.3%		13.3%			60.0%	8.40

4 研究结论与教学建议

4.1 研究结论

4.1.1 考查范围的全面性与侧重性

从实验能力的考查类型和范围看,近三年的全国 I 卷第 26 题共涉及 1.1、2.1、2.2、2.3、3.1、3.3、3.4、4.1 等八项实验能力要求的考查,再加上选择题部分的实验题另加涉及的 1.2、2.4 则一共涉及了十三项化学实验能力中的十项,突显了全国卷对学生化学实验素养检测的全面性的特点。

从分值占比和考查频次对上述所涉实验能力类型进行归类分析,可以发现近三年实验题的 LPs 结构(图 3)中“水平 3 实验原理的理解和应用”层级的分值占比非常突出,分别达到了 51.7%、51.7%、73.4%,而这其中出现频次最高的又是“3.1 根据实验要求选择实验试剂、装置及操作方法(含原因说明)”和“3.3 预测、描述和解释实验现象、实验原理”两项。这说明全国卷在实验能力考查全面性的特点上又呈现出一定的侧重性:(1)侧重考查学生对实验原理理解和表达能力;(2)侧重考查学生的实验动手操作能力。

4.1.2 考查方式的综合性与创新性

从实验能力的考查方式上看,全国卷强调在试题所架构的丰富、陌生的实验情境下实现不同类型实验知识与能力间的融会贯通,突出考查综合能力和创新能力的特点。这一特点从近三年实验题的 SOLO 结构(图 2)中可以发现,高阶 SOLO 思维结构的分值比例从 2015 年 71.6% 的 R 层级,到这两年近 60% 的 E 层级。这一现象在试题的难度分布上也得到了反映(表 4)。近三年第 26 题的整题难度值(F)总体稳定,分别为 8.28、8.14、8.40(与 H 省近三年高考第 26 题阅卷抽样统计平均分大体相符,分别为 5.43、5.65、5.15),但在具体分值难度上,则有高难度分值增加的趋势,如近三年所涉及的最高难度值均为 $f = 12$,但

其分值占比依次为 14.3%、57.2%、60%。试题的思维结构复杂程度呈现出明显的上升趋势,在具体试题中表现在两个方面:一是对信息间的关联与综合应用能力要求高;二是对隐含信息的挖掘与推导能力要求高,需在创新型实验情境中应用联想、预测、假设等方式实现“超越经验”地迁移。

4.2 教学建议

4.2.1 知识立意层面的教学建议

从考查范围的全面性和侧重性可以看出,全国卷在知识立意层面不仅没有弱化“双基”的迹象,反而是强化了对实验基础知识(原理)的理解表达和实验基本技能的实践考查。如 2017 年第 26 题的“凯氏定氮法测定蛋白质中的氮含量”实验,整道题除了最后一小题关于实验数据处理的问题偏理论外,其余问题的设置都是基于实验装置及操作过程的理解而进行。

全面性与侧重性两方面的综合考查,对解决纸面实验考查难以测查学生实验动手能力的弊端有很大的作用,这也是一种重要的导向作用。基于这点,我们的日常实验教学应落实好化学实验作为一项技能、方法、手段的基本功能定位,切实提升学生的基本实验素养。毕竟任何能力或素养的提升都离不开知识与技能这两块基石。

4.2.2 能力立意层面的教学建议

通过对试题分析中那些高难度值问题进行分析,可以发现造成难度大的原因除所涉实验能力的 LPs 层级较高以外,还存在着“关系-表征复杂性模型”中的“关系复杂性”问题。即,考生从信息到目标拟定解决方案的过程中存在着 SOLO 思维性障碍,难以提取有效信息进行加工、整合来解决问题。主要表现在两个方面:一是陌生实验背景造成的实验目的、原理、装置、操作等要素的理解障碍;二是问题关系复杂造成的信息提取和关联障碍。

基于这点,我们的日常实验教学一方面要突出问题导向的教学预设和教学生成,重视基于开放性问题上发散性思维能力的培养;另一方面要

突出实验科学特点的教学,重视陌生实验情境下的探究性思维能力的培养,全面提升学生的科学探究的实验意识和实验能力。

4.2.3 素养立意层面的教学建议

背景创新化、原理隐性化、装置复杂化、操作过载化……如何准确地提取有效信息,灵活地把“经验性”的知识与能力迁移到实验情境中,实现实验流程和原理的综合理解,成为考生面临的巨大困难。如前述分析,全国卷实验试题所具有的高阶 SOLO 思维倾向特点,很大程度上就体现在试题的创新氛围中,要求在创新情境中联想、预测、假设进行“超越经验”的迁移,强调对隐性信息和内容的挖掘与推理能力的考查。这与“适度体现学生发展核心素养及学科素养”^[7]的命题思想是相吻合的,体现了对化学核心素养框架中的“证据推理与模型认知”及“科学探究与创新意识”的考查。

基于这点,我们的日常实验教学需要立足“创新”,重视实验的创新改进思维,重视构建创新的实验教学环境,培养学生的创新实验意识和能力,提升学生的综合实验素养。

参考文献:

- [1] 辛自强. 关系-表征复杂性模型的检验[J]. 心理学报, 2003, (4): 504~513.
- [2] John B. Biggs, Kevin F. Collis. 高凌飏等译. 学习质量评价: SOLO 分类理论——可观察的学习成果结构[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010: 27~30.
- [3] 皇甫倩, 常珊珊, 王后雄. 美国学习进阶的研究进展及启示[J]. 外国中小学教育, 2015, (8): 53~59.
- [4] 杨玉琴. 化学学科能力及其测评研究[D]. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2012.
- [5] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(实验)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2003: 7~30.
- [6] 教育部考试中心. 2017 年普通高等学校招生全国统一考试大纲·理科[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016: 131~137.
- [7] 单旭峰. 在继承的基础上探索创新——2017 年高考全国卷化学试题解读[J]. 中学化学教学参考, 2017, (7): 59~61.