

化学开放性问题的 SOLO 分类评价思维

宋洁, 赵雷洪

(浙江师范大学 生化学院, 浙江 金华 321004)

摘要: 评价是化学开放性问题的难点, 对化学开放性问题的主要四种形式(条件开放、情境开放、策略开放、结论开放)应用 SOLO 质性评价法, 可以具有帮助教师改进教学和激励学生采用深层探究式学习策略的双重功能。

关键词: SOLO; 等级描述法; 化学开放性问题

中图分类号: G633.8 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-0186(2006)10-0064-04

一、对化学开放性问题的再认识

化学是一门研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的科学, 注重学生科学思维和探究能力的培养。化学学习过程遵循由感知到理解, 由感性到理性, 由具体到抽象, 由现象到本质的认识规律。化学问题的设计更加需要贴近生活、注重实际、强调能力。其中开放性问题更加能够考查学生灵活性和创造性。它是一种没有固定答案或唯一结论的问题形式, 相对于封闭性问题具有不确定性、发散性、探究性和创造性。化学开放题重视问题的思考过程和思考方法, 鼓励学生结合自己已有的知识经验和思维能力积极主动地参与对问题本身的建构。它在很大程度上弥补了化学封闭性问题的不足, 更符合化学新课程发展性评价理念, 在模块学业成绩评价中应大力加以提倡。

但从以往的化学考试来看, 虽然增设了一些开放性试题, 但评价还是依据“采分点”来打分, 虽然确立了思维能力培养的目标, 却无法确立思维能力培养的层次。因此在评价上难以实现以评价促进学生发展的目的, 失去了考查的初衷。这一问题不解决, 开放性试题很难真正进入学业评价, 特别是大规模的学业成绩评价之中。因此开放性问题的难点就在于其评价标准上。

二、SOLO 分类评价法理论

SOLO 分类评价法是由比格斯(Biggs J B) 教授首

倡, 是一种以等级描述为基本特征的质性评价方法, 在海外有广泛的应用。^[1] “SOLO” 是英文 “Structure of the Observed Learning Outcome” 的首字母缩写, 意即: 可观察的学习成果结构。也就是说, 学生在具体知识的学习过程中, 都要经历一个从量变到质变的过程, 每发生一次跃变, 学生对于这一种知识的认知就进入更高一级的阶段, 可以根据学生回答问题时的表现来判断他所处的思维发展阶段, 进而给予合理的评分。SOLO 分类法的理论基础是结构主义学说, 它将学习成果划分为五个层次或称五种结构, 五种结构及其含义如下:^[2]

- 前结构 (pre structural): 处于这一结构层次的学生基本上没有面对问题的简单知识, 或为以前所学的无关知识所困扰, 找不出任何解决问题的办法, 回答问题逻辑混乱, 或同义反复;

- 单一结构 (unistructural): 学生关注题干中的相关内容并找到了一个解决问题的办法, 但只能联系单一事件, 找到一个线索就立即跳到结论上去;

- 多元结构 (multistructural): 学生找到越来越多的正确的相关特征, 能联系多个孤立事件, 但还没有能将它们进行有机整合的能力;

- 关联结构 (relational): 学生会整合各部分内容而使其成为一个有机整体, 表现为能回答或解决较为复杂的具体问题;

- 拓展抽象结构 (extended abstract): 学生会归纳

收稿日期: 2006-05-20

作者简介: 宋洁 (1981—), 女, 浙江嘉兴人, 浙江师范大学化学与生命科学学院化学课程与教学论方向硕士研究生; 赵雷洪 (1965—), 浙江东阳人, 浙江师范大学化学与生命科学学院教授, 硕士生导师, 主要研究化学课程与教学。

问题以学习更多的抽象知识, 结论具有开放性, 使得问题本身的意义得到拓展, 这代表一种更高层次的学习能力, 这一层次的学生表现出更强的钻研和创造意识。

SOLO 的五种结构代表了学生对某项具体知识的掌握水平, 从学生对某个问题的回答中, 教师可以对照上述标准就学生对该项知识内容的掌握情况做出判断。因此, 这种评价方式可以帮助教师进行教学诊断, 同时, 也可以向学生提供有用的反馈, 所以 SOLO 分类法可以用于形成性的学生学业评价。另一方面, 如果将上述五个层次赋予不同的等级分数, 那么学生对问题回答的质量就可以被量化, 量化的分数可以作为终结性评价的依据。^[3]

三、化学开放性问题的 SOLO 分类评价

化学开放性问题的内容上具备思维的开放性与前瞻性, 主要以能力立意, 要求学生关注解决问题的方法和过程。因此对它的评价既要注重对结果的评价, 又要注重对学生思维过程的评价。

按照化学问题构成要素(假设条件、提供情境、推理策略、判断结论等)的发散倾向和结构形式, 把化学开放性问题分为五类。以下是将 SOLO 的基本思想运用于化学开放性试题进行等级评分的具体实例, 从中我们可以了解 SOLO 评分标准的应用。

(一) 条件开放

题中往往提供多种信息, 需要学生抓住有用信息, 排除干扰信息, 通过观察类比、分析联想, 抽象概括, 寻找思路。

例 1: 下表为几种烷烃的结构简式。

名称	结构简式
甲烷	CH ₄
乙烷	CH ₃ CH ₃
丙烷	CH ₃ CH ₂ CH ₃
丁烷	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃
戊烷	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃
辛烷	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃
十七烷	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ CH ₃

SOLO 理论认为各结构层次的学生能够回答的问题如下:

- (1) 单一结构: 丁烷中 C、H 原子个数?(学生只需找到这个单一线索, 数数 C、H 的个数即可。)
- (2) 多元结构: 戊烷比丁烷多几个 C 原子、几个 H 原子?(学生首先需要分别数数戊烷和丁烷中的 C、H 原子个数, 然后计算两者的差。这些计算只需要找到两

个相关的特征, 不必形成对问题的整体框架。)

(3) 关联结构: 含有 25 个 C 原子的烷烃的结构简式?(学生对问题的理解要上升到更高的水平, 找出烷烃的 C、H 原子个数之间的联系与规律。)

(4) 扩展抽象结构: 含有 n 个 C 原子的烷烃的结构简式?(避开使用具体数字, 具有开放性, 学生只通过数数是无法解决的, 必须形成逻辑归纳, 形成烷烃的通式, 对该问题的理解发展到质变的飞跃。)

教师在设计时要根据学生对于这一种知识的认知发展。一般来说, 应用 SOLO 分类评价法主要有三个程序:

- (1) 确定某一知识点中对各个结构起作用的评价要素。(C、H 原子数量)
- (2) 按照结构层次形成测试学生的评价标准。此步是关键, 教师对学生认知发展必须有充分地认识, 层层深入, 从孤立到联系直至归纳找出规律, 逐步形成学生思维发展的跃变。设计的问题必须具有开放性。
- (3) 对评价标准进行测试与修改。如答对第一个层次的问题即达到单一结构的水平, 可记为 D; 答对第二个问题, 记为 C; 答对第三个问题, 记为 B; 答对第四个问题, 记为 A。在终结性的考试与评价中, 还可以给各个等级赋予一定的分值, 形成学生成绩的量化分数。此外, 在需要一定区分度的考试中, 上述四个等级之间还可以有过渡的等级, 也就是说, SOLO 的等级数不必限于 5 个, 可以有多个等级, 分别记为 A⁺、A、A⁻、B⁺、B、B⁻、C⁺、C、C⁻……甚至可以使用百分数。

(二) 情境开放

情境问题是与生活、生产实际相联系的问题, 强调理论和实际相结合, 强调人与自然、社会协调发展, 注重保持与社会生产、最新科技信息的密切联系。题目给出一定的情境, 如模拟科学发现的过程, 或模拟解决实际问题的思路。对学生的能力要求高, 但所用的知识却是基础的, 题目“起点高、落点低”, 能够充分激发学生的创新热情。

例 2: 汽车作为曾经推动人类文明向前跃进的现代社会的产物, 在给人类的生活带来便捷舒适的同时, 对自然生态环境的恶化也有难以推卸的责任。大气污染主要来源于工业污染和汽车尾气, 99% 的一氧化碳和一氧化氮的排放来源于汽车尾气。将氢气、酒精、液化气等作为燃料的技术已在进一步的研制中。

- (1) 单一结构: 汽车尾气中的大气污染物有什么, 写出化学式?(学生只需找到这个单一线索, 即知道常见气体的化学式。)
- (2) 多元结构: 将部分汽车排气管加装二效转换器, 促使尾气在排气管内与空气作用, 其反应式是什么?(学生首先需要知道尾气和转换后的气体分别是什么,

然后写出化学方程式。只需要找到两个相关的特征,不必形成对问题的整体框架。)

(3) 关联结构: 提出治理汽车尾气污染的一条合理化建议?(学生对问题的理解要上升到更高的水平,找出污染与治理之间的联系与规律。)

(4) 扩展抽象结构: 就目前的情况看, 氢气做燃料的汽车要投入使用前, 还要研究解决的问题是什么?(避开题目的限制, 更具有开放性, 学生只通过该题的信息是无法解决的, 必须联系其他知识体系。)

这类问题常以新科技、新成果为情境, 以考查能力为立意, 虽然答题时思维是发散的, 但也要严谨才能符合答题要求。用 SOLO 分类法就能清晰灵活地对这类题进行评价, 清楚地分析学生所能达到的思维层次。

(三) 策略开放

条件和结论已知或部分已知, 需学生利用所学知识建立合理的化学模型, 运用模仿、类比、试验等方法, 探寻解题方法或设计方案。这类试题重在寻求解答过程中, 学生通过比较各种解答的途径以实现认知结构的重建。

例 3: 设计实验方案证明新制氯水的成分。

(1) 单一结构: 氯水呈什么颜色?

观察现象, 氯水呈淡黄绿色, 说明有氯气分子存在。

(2) 多元结构: 各取少量置于两支试管中。一支加入 AgNO_3 溶液, 再加入稀 HNO_3 ; 另一支加入镁条, 各有什么现象?

学生动手操作, 第一支试管中有白色沉淀生成, 说明有 Cl^- 存在 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$; 另一支试管中有气泡产生, 说明有 H^+ 存在 $\text{Mg} + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$ 。只需要找到这两个相关特征即可。

(3) 关联结构: 取少量氯水置于试管中, 加入石蕊试液, 有什么现象?

先变红后褪色。已证实有 H^+ 存在, 紫色石蕊遇 H^+ 先变红, 后因 HClO 有氧化性故又褪色。由于氯水中的 H^+ 扩散速率比 HClO 分子的扩散速率快(指示剂显色反应的速率一般也较快), 导致先变红后褪色。学生要考虑各因素的相互影响, 整体地思考问题。

(4) 拓展抽象结构: 说明氯水中的所有成分? 各成分的量是否不变?

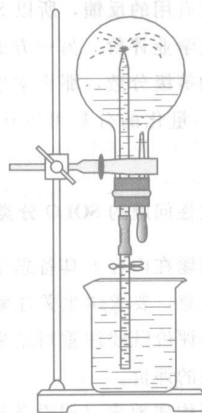
氯水的主要成分是: Cl_2 、 Cl^- 、 H^+ 、 HClO 。由于 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ 平衡的存在, 各成分的量不是不变的。学生抽象归纳并运用更多的知识得出结论, 使问题本身的意义得到拓展。

学生可根据自己的实际能力从多个角度、多个层次来选择恰当的解题方法, 殊途同归。利用 SOLO 分类法能充分发挥学生的发散思维 and 创新能力。

(四) 结论开放

给定条件, 而结论未给出或不全给出, 需学生根据所给条件得出某些(或某个)结论, 然后予以解释。这类试题要求学生利用题设条件进行思考, 充分根据实验现象或特征, 运用观察、比较、分析、综合、猜想、归纳、类比等方法得出在给定条件下可能存在的结论。

例 4: 氨的喷泉实验, 如下图。



(1) 单一结构: 将充满 NH_3 的喷泉装置插入滴有酚酞的水中, 当向烧瓶中挤入少量水后, 出现什么现象?

单一结构只需要运用一种策略, 即看实验现象即可。

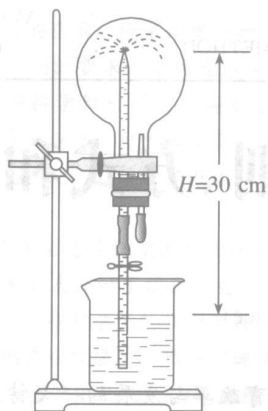
(2) 多元结构: 为什么将充满 NH_3 的喷泉装置插入滴有酚酞的水中, 不形成喷泉? 而当向烧瓶中挤入少量水后, 立即形成红色的喷泉?

多元结构需要学生做两件事: 找出未挤入水前不形成喷泉的原因, 再看下挤入水后形成喷泉的原因。喷泉装置的导管虽插入水中, 由于烧瓶与玻璃导管组成了一个连通器, 瓶内瓶外气压相等, 故不能形成喷泉。当向烧瓶内挤入少量水后, 由于部分 NH_3 溶解在这少量水中, 烧瓶内气压急剧下降, 低于大气, 因此立即形成美丽的喷泉。所有这些都需要有对问题的基本理解, 但不必理解问题的整体结构。

(3) 关联结构: 形成喷泉实验的条件是什么?

关联结构水平的学生必须找出影响喷泉形成的全面因素, 需要有对问题系统的联系。由于烧瓶内的气体极易溶于水, 导致瓶内压强的骤减(化学原理), 与外界大气压强产生很大的压强差, 该压强差必须超过一个特定的值, 即必须能克服玻璃导管水柱产生的压强, 才能使水顺利压入烧瓶(物理原理)。因此喷泉实验的形成是其物理、化学原理综合作用的结果。

(4) 拓展抽象结构: 气体在水中溶解度多大, 才能做喷泉实验呢?(如下页图所示, 假定烧杯内液面到尖嘴玻璃管顶端高度为 30 cm。)



该题从个例上升到了普遍的通性, 需要学生拓展知识面, 形成逻辑归纳。(结论略)

基于以上分析, 可以出这样一道试题: 对于氨的喷泉实验, (1) 将充满 NH_3 的喷泉装置插入滴有酚酞的水中, 当向烧瓶中挤入少量水后, 出现什么现象? (2) 为什么将充满 NH_3 的喷泉装置插入滴有酚酞的水中, 不形成喷泉? 而当向烧瓶中挤入少量水后, 立即形成喷泉? (3) 形成喷泉实验的条件是什么? (4) 气体在水中的溶解度多大, 才能做喷泉实验?

通过 SOLO 分类法, 这类问题可以充分发展学生的发散思维能力、创新能力、分析能力及综合运用知识的能力。

四、SOLO 分类评价的应用意义与注意方面

由于评价方式影响并决定着教学方式和学习方式, 所以 SOLO 分类评价法具有帮助教师诊断改进教学和激励学生采用深层探究式学习策略的双重功能, 这一点已为比格斯先生及其同仁在香港学校所推行的大面积实验所证实。^[4]

化学学科本身具有一定的开放性, 学生的思维不应该被束缚。如应用 SOLO 设计让学生想出区分浓硫酸与稀

硫酸的十种方法, 让学生根据金属活动性顺序表设计十个问题并回答, 让学生利用肥皂水定性检测硬水, 等等。具有普适性、探究性、自主性的开放性问题更有利于促进化学新课程的改革。SOLO 分类法的应用对于开放性问题的质性评分, 对于帮助学生形成良好的思维习惯具有重要的作用, 具有普遍的推广价值。SOLO 分类法使教育评价的触角深入到质的层面, 这是该理论无可替代的优点, 它主要用于过程性评价, 可以为师生提供有关教学质量的有用信息, 对指导教学尤其是评价学生的学习具有直接的指导作用。由于以 SOLO 为代表的等级描述型量表对于等级作了较为详细的描述, 所以用它来评定那些有着较为明显的步骤特征或等级层次分明的化学探究型开放题, 效果会比其他方法更好。教师可以通过学生达到的思维层次定级, 而非根据采分点来打分。

然而应当指出, 如同其他评价理论一样, SOLO 分类法也有其不足: 区分度比百分制要低, 因而不太适用于选拔性考试; 对一些分类或层次没有明显区别的试题就不能进行较好的测试; 对非开放性的化学题型缺少评价价值。

参考文献:

- [1] Biggs J B, Collis K F. *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome)* [M]. New York: Academic Press, 1982. 19—35.
- [2] Biggs J B. Enhancing Teaching through Constructive Alignment [J]. *Higher Education*, 1996, 32: 1—18.
- [3] Biggs J B, Collis K F. Towards a Model of School based Curriculum Development and Assessment: Using the SOLO Taxonomy [J]. *Australian Journal of Education*, 1989, 33(2): 151—163.
- [4] Biggs J B. *Teaching for Quality Learning at University* [M]. Buckingham: Society for Research in Higher Education (SRHE) and Open University Press, 1999. 37—39.

(责任编辑: 刘大同)

The Evaluated Thoughts of SOLO Taxonomy in the Chemical Open ended Problem

教育学者撰文剖析 当前课程与教学改革理论之争

《中国教育报》8月26日教育科学版(第3版)以很大篇幅刊登了北京师大“985工程”基础教育课程与教学首席专家王本陆教授的文章, 题目是:《当前课程与教学改革理论之争》。文章尖锐地指出, 在我国当前课程与教学改革中, 在三个方面存在着严重的分歧和论争。

一是理论基础之争。一种观点主张以西方后现代主义、建构主义等理论为指导; 另一种观点坚持认为, 要坚定不移地以马克思主义认识论和全面发展学说作为理论根据。二是基本目标之争。一种观点认为, 我国现有的课程与教学体系, 就其性质来说是传统教育体系、凯洛夫教育体系; 另一种观点认为, 我国现行的中小学课程与教学体系本质上是属于现代的, 它体现着现代教育的基本规定性。三是基本策略之争。一种观点是激进革命论, 主张采用颠覆性手段来变革现实; 另一种观点是稳健改革论, 主张采取温和、渐进和自我完善的方法来变革现实。

据悉, 王本陆教授还在《北京师范大学学报(哲学社会科学版)》双月刊今年第4期上, 发表了题为《论中国国情与课程改革》的论文。

又讯, 刚刚出版的上海《教育参考》2006年第8期刊登了华东师范大学钟启泉教授题为《课程人的社会责任何在》的文章。该文同时刊登在上海《全球教育展望》2006年第9期。

(本刊记者 冷洋)