



基于 SOLO 分类理论的化学观念 建构教学的实践研究

——以高三化工生产流程专题复习为例

张一览

(常熟市中学 江苏 常熟 215500)

摘要:化学观念的转变需要学习者在对化学知识本身、化学学科特征以及化学学习过程进行反思的基础上完成,难以用量化的标准去衡量。而 SOLO 分类理论作为一种质性的评价方法则可以对于观念建构的教学起到很好的指导意义。该研究尝试寻找 SOLO 分类理论与化学观念转变的契合点,以“高三化工生产流程专题复习——七水硫酸亚铁的应用及制备”为例,按照 SOLO 分类理论的五个层次设计课堂教学的环节,进行化学观念建构的教学实践,以期拓宽该理论的应用范围,突出其应用研究的实践性。

关键词:SOLO 分类理论;观念建构;化学观念;思维层次

文章编号:1008-0546(2015)01-0067-04

中图分类号:G633.8

文献标识码:B

doi:10.3969/j.issn.1008-0546.2015.01.026

一、问题的提出

化学观念是学习者在具体化学知识的基础上进行的概括凝炼,是对于化学知识的超越和对化学学科特征的深刻理解。它影响着学习者解决实际问题的价值取向和行为方式,具有超越具体知识的持久价值和广泛的迁移作用。^[1]高中化学课程标准在课程目标部分明确提出“形成有关化学科学的基本观念”^[2],纵观近几年各地的高考化学试题不难发现,对于学生化学知识和技能的考察渐渐弱化,而体现更多的是学生超越具体知识本身去解决实际问题的能力。因此,如何有效地让学生在学习实践中完成由知识到观念的升华是我们不得不深入思考的问题。但是,化学观念的转变需要学习者在对化学知识本身、化学学科特征以及化学学习过程进行反思的基础上完成,难以用量化的标准去衡量。而 SOLO 分类理论作为一种质性的评价方法则可以对于观念建构的教学起到很好的指导意义。

二、SOLO 分类理论与化学观念建构的契合点

澳大利亚教育心理学家约翰·比格斯提出的 SOLO 分类理论认为,学生在认知具体知识的过程中是具有阶段性的,而且这种阶段性是可观察的。他将学生的思维水平由低到高划分为五个层次^[3]:(1)前结构水平,学生被无关信息和已有经验误导,无法理解和解决问题;(2)单一结构水平,通过一个与问题相关的线索来建立问题和答案之间的联系;(3)多元结构水平,利用多个相互独立的线索和信息来连接问题与答

案;(4)关联水平,学生能够将问题情境下各个线索之间建立本质联系,使其成为一个有机整体;(5)拓展抽象水平,能够超越问题本身,归纳各种信息并进行更抽象的概括,使结构更加完整。虽然 SOLO 分类理论属于评价理论,但在刚引入时就没有将它局限于学习结果的评价,而明确指出“SOLO 分类评价法所包含的不同发展层次本身就符合人的认知发展规律,而在日常教学中教师的作用就是要将知识按照学生的认知规律进行组织、表达、评价,它能在上课过程中帮助教师通过学生的反馈情况判断学生所处的思维发展阶段”^[4]。但是,SOLO 分类理论应用于课堂教学的研究尚处于“在上课过程中教师通过 SOLO 分类评价学生的反馈情况,判断学生所处的思维发展阶段,进而对教与学进行具体的调整”的直接应用阶段。^[5]本研究尝试按照 SOLO 分类理论的五个层次设计课堂教学的环节,进行化学观念建构的教学实践,以期拓宽该理论的应用范围,突出其应用研究的实践性。

观念建构的基础是学生原有的认知结构。在课堂学习之前,学生头脑中已形成一定的相异构想,这些认识往往会阻碍学生对新知识的理解,造成学生学习的困难。能否根据学生的认知水平,采用适当的方法改变或完善学生固有的思维方式和科学态度是化学观念转变的难点所在。而 SOLO 分类理论与化学观念转变的契合点正在于:(1)SOLO 分类理论的前结构水平就是观念建构的基础——学生原有的认知结构。在



此阶段,设计教学环节了解学生头脑中的相异构想,可以为观念建构打下良好的基础;(2)SOLO 分类理论的五个层次是思维方式层面上的,它们层层推进,符合人的认知规律。在每一推进的层次上设计相应的教学环节能帮助学生在思维层次的递进中完成化学观念的转变。

三、基于 SOLO 分类理论的化学观念建构的教学过程

以工业生产为背景的化工产品制备流程频频出现在高考化学试题中。本节课以“七水硫酸亚铁的应用和工业制备”为例,随着 SOLO 分类理论的五个思维层次的递进,从学生熟悉的 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 在生产生活中的应用开始,回忆它的化学性质和基本实验操作,让学生尝试将离子反应条件、氧化还原规律、沉淀溶解平衡原理、反应速率理论等应用于工业生产流程的设计中,在优化生产工艺流程的过程中,加深对化工生产流程设计必须考虑的主要因素的理解和认识,进而将这种思维方式迁移到其他化工产品的生产工艺流程中,体会化学学科的魅力,达到知识到观念的完美升华。具体过程如下:

环节一:前结构水平——了解相异构想

设计意图:结合七水硫酸亚铁工业用途的资料,让学生用已有的知识解释硫酸亚铁作净水剂和处理酸性含铬工业废水的原理。弄清学生的相异构想,了解学生的原有认知结构,是观念建构的基础。

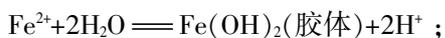
教学过程:

学生:[资料学习]七水硫酸亚铁俗称绿矾,可用于制铁盐、氧化铁颜料、净水剂、消毒剂等,大量的硫酸亚铁被用作还原剂,在工业生产中主要还原水泥中的铬酸盐或处理含铬(主要以 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 形式存在)工业废水。

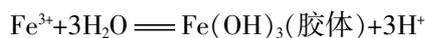
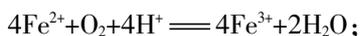
教师:你能用学过的知识来解释硫酸亚铁作净水剂的化学原理吗?用离子反应方程式和适当文字回答。

学生一:硫酸亚铁水解: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2$ (胶体)

学生二:硫酸亚铁水解形成氢氧化亚铁胶体净水,氢氧化亚铁氧化成氢氧化铁



学生三:硫酸亚铁氧化成硫酸铁,硫酸铁水解形成氢氧化铁胶体净水



……

反馈小结:学生头脑中对于亚铁盐容易被氧化,易水解的性质比较熟悉,但是在实际运用中容易生搬硬套,忽略外界条件如溶液酸性、氧化和水解的优先顺序等影响。学生认知结构中出现亚铁盐性质的混淆,易被无关信息和已有经验误导,无法理解和解决问题。因此,首先须帮助学生理清知识,明确其适用范围。在此基础上,设计下一教学环节。

环节二:单一结构水平——新知识的纳入、重组和改造

设计意图:通过设置设问、反问、疑问等形式,针对某个知识点在单一结构水平上师生进行点对点的问答,让学生产生“认知冲突”,帮助学生理清知识,明确知识概念间的联系和使用条件进而激发探索兴趣,解释自己的观点与现象之间的差异,将新知识与原有的认知结构结合,通过纳入、重组和改造,构成新的认知结构。

教学过程:

教师:硫酸亚铁溶液呈酸性还是碱性?

学生:因为亚铁盐在水溶液中易水解,应该呈酸性。

教师:起净水作用的是胶体还是沉淀?

学生:是氢氧化亚铁胶体。

教师:氢氧化亚铁胶体在空气中能稳定存在吗?

学生:不能,容易被氧化。

教师:硫酸亚铁是否也容易被氧化?

学生:容易

教师:那么硫酸亚铁在空气中被氧化和水解的程度哪个更大,速率更快?

学生:水解程度是微弱的,因此氧化应该发生地更快,程度更大。

教师:能否试着总结一下亚铁盐的性质及其应用时的注意点?

学生:亚铁盐极易被氧化,也容易发生水解,在应用它的性质时我们应注意到亚铁盐在空气中更易发生氧化反应。

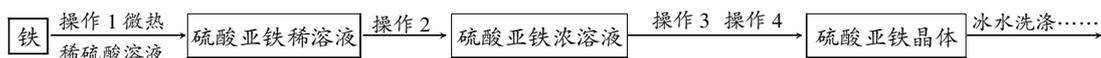
反馈小结:在环节一出现的相异构想基础上师生进行问答式的“矛盾冲突”,让学生在反思中认识到亚铁盐性质的多重性,而这些化学性质在不同的环境中体现的程度是不同。

环节三:多元结构水平——以新知识为脚手架,联系原知识体系中的相关内容,搭建新的知识网络体系



设计意图:回忆结晶、过滤、洗涤等实验基本操作的注意事项,结合环节二中总结出的硫酸亚铁的性质,让学生在头脑中建构起最基本的七水硫酸亚铁的制备流程图。在多元结构水平层次上,帮助学生将零散的知识联系起来,从而建构起新的认知体系。

教学过程:



(1)操作 2.3.4 的名称分别是(),操作 2 需要的仪器是(),操作 4 需要的仪器是()。得到的晶体常用冰水洗涤的目的是(),再用乙醇洗涤的目的是()。

(2)为了保证得到较纯的产品,在操作中应注意()。

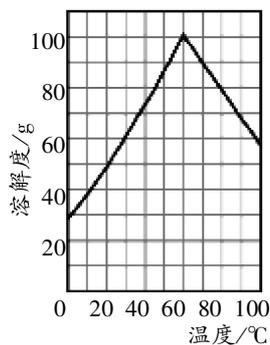
(3)操作 1 微热的原因是(),还可用()等方法来实现此目的。

反馈小结:通过这一环节的设计,学生能够将物质的性质与实验操作有机结合在一起,在思维层次上达到了多元结构水平,形成了新的认知体系。

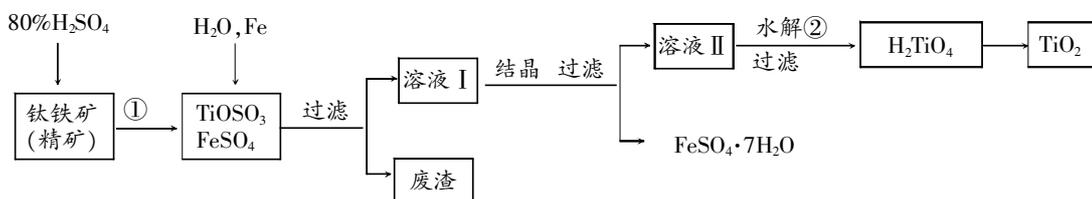
环节四:关联水平——通过对新构建的认知体系进行反思,与解决新情境下的问题建立本质联系

设计意图:将环节三中七水硫酸亚铁的背景从实验室制法换成工业制备,让学生尝试通过对七水硫酸亚铁的制备流程的理解和反思,以及工业和实验室不同背景下原料、经济效益等差异的比较,通过小组讨论的形式完成七水硫酸亚铁工业制备的流程方案。

教学过程:



[小组讨论]:试根据以下提示补充完整由硫铁矿烧渣制备 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验步骤:[江苏 2013 年高考·19(5)改编]研究性学习兴趣小组欲从硫铁矿烧渣出发(主要成分为 Fe_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3)制备绿矾,请结合左图的绿矾溶解度曲线,补充完整由硫铁矿烧渣制备 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验步骤:



[基础回顾](1)蒸发皿与坩埚使用的范围有何不同?(2)蒸发中的玻璃棒有何作用?(3)冷却结晶前的蒸发浓缩须加热到什么程度?

[研究讨论]

某研究性学习兴趣小组在实验室中用铁制备七水硫酸亚铁,设计了以下实验步骤,请回答相关问题:

$7\text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验步骤(可选用的试剂:铁粉、稀硫酸和 NaOH 溶液):向一定量烧渣中加入()充分反应,(),得到 FeSO_4 溶液,(),得到 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体。

反馈小结:学生通过讨论注意到了化工生产工艺流程与实验室制法的差异,化工生产的原料须价廉易得,成本低;工艺流程能耗低,污染少。七水硫酸亚铁的工业制备流程与实验室制法的最基本反应原理有着本质联系,工业制备只需增加原料提纯的环节即可。通过这一环节的设计,让学生学会知识的迁移,培养在不同问题情境下将各个线索之间建立本质联系的能力。

环节五:拓展抽象水平——超越知识本身,完成知识到观念的转变

设计意图:在上一环节中,学生能在关联水平的思维层次上将七水硫酸亚铁的实验室制备方法迁移到工业制备的新背景下,但仍然没有超越有关硫酸亚铁的知识本身。在最后这一环节中,让学生认识到七水硫酸亚铁的制备方法并不是唯一的,而可以在其它化工产品——钛白粉的工业制备中作为副产物获取。学生需要解决的问题脱离了七水硫酸亚铁的一般制法原理,在这个过程中,学生能超越知识本身,完成知识到观念的转变。

教学过程:

钛白粉(主要成分是 TiO_2),广泛用于油漆、塑料、造纸等行业,还可用作乙醇脱水、脱氢的催化剂。下图是以钛铁矿(主要成分 FeTiO_3 ,钛酸亚铁)为主要原料生产钛白粉并获得副产品 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 的工艺流程图。试回答:



(1) 反应①的化学方程式为(); 在 TiOSO_4 和 FeSO_4 溶液中加入 Fe 的目的是()。

(2) 溶液 I 可以通过结晶的方法得到 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 的原因是()。

(3) 溶液 II 中 TiOSO_4 发生水解反应②的化学方程式为(); 可回收利用的物质是()。

[学生讨论] 在解决化工生产流程题时常常须考虑到的化学原理有哪些?

反馈小结: 通过这一环节的讨论, 学生得出了以下结论: (1) 氧化还原规律、离子反应条件、沉淀溶解平衡原理、反应速率理论、电化学原理等是设计化工生产流程的理论依据。(2) 任何一种化工产品的生产方法都可能多种多样, 但工艺的选择都是以生产效率

高、能耗少、成本低、尽量减少污染为基点的。学生能够超越问题本身, 归纳各种信息并进行更抽象的概括, 使结构更加完整。至此, 知识到观念的转变画上了圆满的句号。

四、教学思考与结论

本研究通过实践证明, SOLO 分类理论不仅适用于教学评价, 也可指导教师根据学生的思维层次发展顺序进行课堂教学设计。基于 SOLO 分类理论设计的课堂教学, 既符合人的思维发展规律, 也是与观念建构的过程相匹配的。教师若能在不同的思维层次上精心设计教学环节, 可以有效地引导学生对知识的理解逐步上升到观念的层次。因此, 基于 SOLO 分类理论的教学实践是有利于学生化学观念建构的。具体关系见图 1。

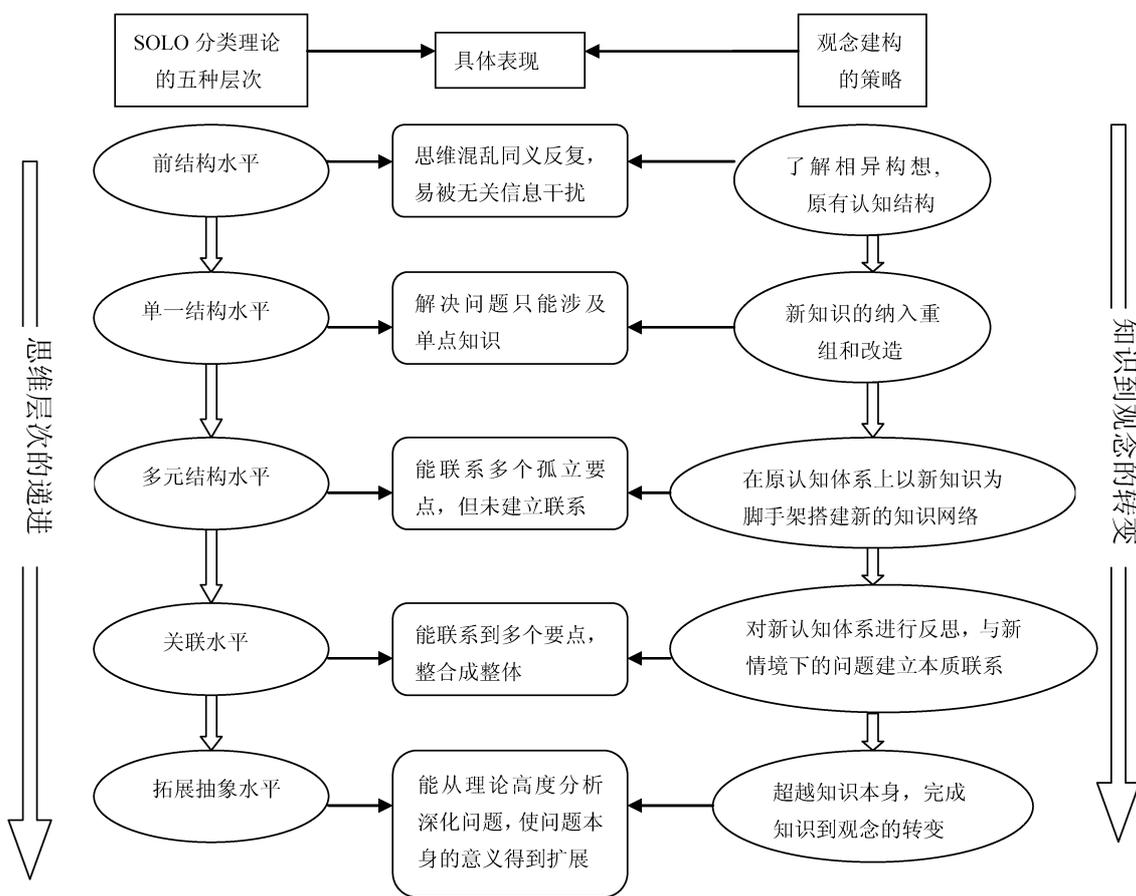


图 1 SOLO 分类理论与观念建构的关系

参考文献

- [1] 毕华林, 卢巍. 化学观念的内涵及其教学价值[J]. 中学化学教学参考, 2011, (6)
- [2] 宋心琦. 利用化学史料提高科学素养的一点看法[J]. 化学教学, 2010, (11): 3-5
- [3] 陈徽, 钱扬义, 李孟彬等. SOLO 分类评价理论在高中化学课堂交流汇报环节的应用[J]. 化学教育, 2008, (10): 25-27, 60
- [4] 李佳, 高凌飏, 曹琦明. SOLO 水平层次与 PISA 的评估等级水平比较研究[J]. 课程·教材·教法, 2011, (4): 91-96
- [5] 黄爱民. 国内 SOLO 分类评价理论在中学化学应用研究的综述[J]. 化学教学, 2013, (1): 6-8