



突破认知固化 走出认知盲区

——例谈高三化学教学有关特殊问题的应对

邱月灵

(杭州学军中学 浙江 杭州 310061)

摘要:在高中化学教学中构建思维模型是提升学生模型认知素养水平的重要方法,但考试命题常触及学生的认知盲区,学生常因认知固化而犯错误,导致教学质量难以提升。高三化学教学要突破这个瓶颈,要积极创设各种真实情境,提出有广度、深度和高度的陌生问题,让学生在应用思维模型解决问题的过程中产生认知冲突,寻找突破点,自主修正模型、完善模型、升华模型,形成多元思考的复式框架,促进思维创变,从而突破认知固化,走出认知盲区,实现模型认知素养水平的质的提升。

关键词:认知盲区;认知固化;思维模型;高三化学;特殊问题

文章编号:1002-2201(2023)04-0050-04

中图分类号:G632.4

文献标识码:B

在新课标、新教材、新高考背景下,落实化学核心素养已成为广大教师课堂教学的必备目标。笔者的课堂教学一向重视从真实情境出发,设置进阶任务,驱动学生在一系列的学习活动中自主生成知识、自主建构解决各类化学问题的思维模型,使学生的模型认知素养水平大幅提升,解决一般性问题时都能应对自如,每次考试都能取得不错的成绩。但试卷中一些特殊情境中的特殊问题或教材的拓展性问题,常常触及学生的认知盲区,学生常常因认知固化而得出错误的结论,使高三化学复习教学出现瓶颈。要突破这个教学瓶颈,教师和学生都要加强学习,多长见识,提升思维的深刻性与灵活性,当思维模型与所解决的化学问题不匹配时能自主完善、升华思维模型,突破认知固化,走出认知盲区。

一、在适用场景改变时要重新建构思维模型

化学思维模型是观察、分析和解决化学问题的思维视角、框架,完善的思维模型能让解决问题事半功倍,但任何一种思维模型都是在特定的场景中为解决特定的问题而建立的,当适用的场景改变时,要善于重新建构思维模型。

例1. (2022年6月浙江省选考20题)在恒温恒容的密闭容器中,在某催化剂表面上发生氨的分解反应: $2\text{NH}_3(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{高温高压}]{\text{催化剂}} \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$,测得不同起

始浓度和催化剂表面积下氨浓度随时间的变化如表1所示。

表1 氨浓度($10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)随时间及催化剂表面积的变化

编号	表面积/ cm^2	时间/min				
		0	20	40	60	80
①	a	2.40	2.00	1.60	1.20	0.80
②	a	1.20	0.80	0.40	x	/
③	$2a$	2.40	1.60	0.80	0.40	0.40

下列说法不正确的是()。

- A. 实验①, $0 \sim 20 \text{ min}$, $v(\text{N}_2) = 1.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 实验②, 60 min 时处于平衡状态, $x \neq 0.4$
- C. 相同条件下,增加氨气的浓度,反应速率增大
- D. 相同条件下,增加催化剂的表面积,反应速率增大

不少学生认为本题没有不正确的选项,对参考答案“C”很不理解。中学教材中“影响化学反应速率的因素”理论模型,是从容器中反应物间相互碰撞的情境中总结出来的,因此,在相同条件下,容器中反应物的浓度越大,反应物间发生有效碰撞的概率越大,反



应速率就越大。但本题中的氨分解是在催化剂表面发生的,与教材中的反应速率理论场景有本质区别。从表1中数据可以看出,在催化剂表面积相同时,增加氨气的浓度,氨分解反应速率不变。这是由于催化剂表面积不变时,催化活性点位是一定的,当催化剂表面被氨气分子占满时,增大氨气的浓度,其反应速率不会加快,实际上,过量的氨气还会阻碍生成的氮气和氢气从催化剂表面解脱出来,从而降低反应速率。

这道选考试题刷新了我们对“浓度对反应速率影响”的认知,在“反应物分子或离子间相互碰撞的理论模型”的基础上,新建了“反应物分子与催化剂表面接触的理论模型”,能有效解释在催化剂表面接触的反应其反应物浓度对反应速率的影响。为了防范认知固化,我们平时的课堂教学,一方面要引导学生在真实的情境中自主建构思维模型,弄清思维模型的来龙去脉和适用场景,而不能由教师外在地强行灌输;另一方面,要适当变换教材的理论背景,让学生产生认知冲突,当发现原先思维模型与所面临的问题不匹配时,能自主重新建构、升华思维模型,提升思维的灵活性和创变能力。

二、当量变引起质变时要及时调整思维模型

我们知道,量变与质变是事物变化发展过程中的两种不同状态,量变是在原有度的范围内渐进的变化,不改变事物的根本性质,而质变是事物超出度的界限的变化,是本质上的显著变动。在化学中,量变不仅包括事物在数量上的变化,也包括规模、程度、速度、水平以及结构、空间排列等状况上的变化。量的积累可以引起质的飞跃,这种哲学思想可以指导我们认识化学规律,解决化学问题。例如,(1)元素周期律就是元素性质量变和质变的完美统一,运用元素周期律可以预测同主族和同周期元素及其化合物性质的相似性与递变性、共性与个性。(2)研究化学反应要关注反应物的量的多少,因少量、适量、足量往往会引起生成物的改变。同时要关注温度的高低,温度的变化也会引起反应选择性的改变。类似这些重要问题,师生都能普遍掌握与运用,但有一些鲜为人知的量变与质变的问题,师生常因认知固化而犯错误。

例如,我们常以 Na_2CO_3 溶液为例分析溶液中各种离子浓度的大小关系,建构如下思维模型:(1)从 Na_2CO_3 完全电离分析,确定 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$ 。(2)从 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 微弱水解和水的微弱电离分析,得出 $c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}^+)$ 。(3)综合得出: $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}^+)$ 。(4)由点到面总结规律:对于强碱弱酸盐(Na_2R)溶液, $c(\text{Na}^+) > c(\text{R}^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HR}^-) > c(\text{H}^+)$ 。在2022年杭州市高二质量检测中,有这样一道题:某温度下 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{S}$ 溶液的 pH 约为 13,用离子方程式表示溶液显碱性的原因:____,该溶液中 $c(\text{HS}^-)$ ____ $c(\text{S}^{2-})$ 。很多学生都不假思索地写出:“ $\text{S}^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HS}^- + \text{OH}^-$, $<$ ”。这是典型的认知固化所犯的的错误。溶液的 pH 约为 13,即 $c(\text{OH}^-)$ 约为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,说明 S^{2-} 已经完全水解,“ $\rightleftharpoons$ ”应改为“ $=$ ”,且 $c(\text{HS}^-) > c(\text{S}^{2-})$ 。

这道试题颠覆了我们对“盐溶液中有关离子浓度大小比较问题”的认知,应适时调整思维模型。出现认知固化的原因是没有从“量变到质变”的角度和深度认识“微弱”的含义。盐类水解程度小于多少才叫“微弱”?临界点是 50%。盐类水解程度与溶液的温度、浓度和弱酸或弱碱的电离平衡常数有关。不同弱酸或弱碱的电离平衡常数有一个由大到小的量变过程,对于绝大多数弱酸盐溶液,其弱酸的电离平衡常数大于 10^{-7} ,水解程度是微弱的, K_a 的量变过程不会导致其水解度大于 50%,对于 Na_2R 溶液, $c(\text{Na}^+) > c(\text{R}^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HR}^-) > c(\text{H}^+)$ 的排序是正确的。但对于 H_2S 、 HClO 、 HCN 、 HIO 这样一些弱酸,电离平衡常数非常小,通常 $K_a < 10^{-7}$,常温下 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 强碱弱酸盐溶液的水解度大于 50%,甚至会完全水解,水解程度发生质的变化,不能认为是微弱,溶液中有关离子浓度大小关系应调整为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HR}^-) > c(\text{R}^{2-}) > c(\text{H}^+)$ 。

还有酸碱中和滴定实验,应选择什么指示剂指示滴定终点?不少教师为学生建构了这样的思维模型:强碱滴弱酸选酚酞,强酸滴弱碱选甲基橙,强酸滴强碱或强碱滴强酸选用酚酞或甲基橙都可以。酚酞一定可以指示强碱滴弱酸的反应终点吗?其实这里也有一个弱酸的电离平衡常数由大到小的量变过程,如



果 K_a 太小,例如,用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液滴定 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCN}$ 溶液,滴定曲线不会出现明显的突变区间,且反应终点 pH 突破了酚酞变色的 pH 范围,用酚酞指示该反应的滴定终点是不合适的。因此,应该调整思维模型:根据滴定曲线的突变区间选择合适的指示剂。

世界上任何事物的变化,都是量变和质变的统一。在化学教学中,教师应引导学生找到化学反应中量变到质变的关键点,这正是化学教学中最重要的教学方法,也是评价学习效果的依据之一。更为重要的是,通过化学学科中关键点的教学,可以培养学生的探究精神,量变达到一定的程度时,不失时机地突破限度,促成质变,实现事物或科学研究的飞跃和发展。

三、当主次因素转化时要灵活修正思维模型

辩证唯物主义认为,事物是一个由多种矛盾构成的矛盾体系,事物的发展受主要矛盾主宰,在一定的条件下主要矛盾与次要矛盾可以相互转化。化学物质、化学反应也是由多种矛盾构成的矛盾体系,在化学教学中,我们利用矛盾规律构建思维模型,可以快速而准确地从错综复杂的化学问题中找出主要矛盾(因素),再根据主要矛盾(因素)点来解决问题。例如,正确书写离子方程式,选择合适的反应条件控制化学反应的方向,根据外界条件的变化判断平衡移动的方向,在多重平衡体系中分析各种因素对平衡体系的影响等。但在解决“物质结构与性质”相关问题时,不少教师或学生因不分矛盾(因素)的主、次而犯认知固化的错误。

在课堂教学中,教师会从乙烯、乙炔能与溴水发生加成反应的实验事实中得出结论并解释原因:两个碳原子间 π 键的键能比 σ 键的键能小,在化学反应中 π 键比 σ 键容易断裂而发生加成反应,原因是形成 π 键的两个 p 轨道“肩并肩”重叠程度比形成 σ 键的两个轨道“头碰头”重叠程度小。于是,由点到面构建思维模型: σ 键比 π 键稳定。那么在“ $\text{N}-\text{N}$ 、 $\text{N}=\text{N}$ 、 $\text{N}\equiv\text{N}$ ”或“ $\text{O}-\text{O}$ 、 $\text{O}=\text{O}$ ”或“ $\text{N}-\text{O}$ 、 $\text{N}=\text{O}$ ”中的 σ 键与 π 键,哪个更加稳定呢?学生根据思维模型就会得出结论: σ 键比 π 键稳定。原因是原子轨道“头碰头”重叠程度比“肩并肩”重叠程度

大。但查阅资料^[1]知: $\text{N}-\text{N}$ 、 $\text{N}=\text{N}$ 、 $\text{N}\equiv\text{N}$ 的键能分别是 $139 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $418 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $946 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{O}-\text{O}$ 、 $\text{O}=\text{O}$ 的键能分别是 $142 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $497.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, $\text{N}-\text{O}$ 、 $\text{N}=\text{O}$ 键能分别是 $176 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $607 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。从数据中不难看出, π 键的键能比 σ 键大,即 π 键比 σ 键稳定。由于 N、O 的原子半径都比 C 原子半径小,形成稳定的 σ 键时, π 键的原子轨道重叠程度更大。故由“ $\text{C}-\text{C}$ 、 $\text{C}=\text{C}$ 、 $\text{C}\equiv\text{C}$ ”构建的“ σ 键比 π 键稳定”的思维模型是片面的,需要修正和完善。影响 σ 键、 π 键稳定性的因素有两个:原子轨道的重叠方式和键合原子的半径。对于 N、O 等原子半径比较小的原子,原子半径是影响 σ 键、 π 键稳定性的主要因素,它决定原子轨道的重叠程度: π 键 $>$ σ 键。对于碳原子,原子半径相对较大,原子轨道的重叠方式决定原子轨道的重叠程度:两个 p 轨道“肩并肩”重叠程度 $<$ 两个 sp^2 或 sp 杂化轨道“头碰头”重叠程度。对于原子半径太大的原子,则原子间很难形成 π 键。 SiO_2 为什么不能形成与 CO_2 类似的分子?就是因为硅原子半径太大, Si 、 O 原子间的两个 p 轨道很难“肩并肩”重叠而形成 π 键。

类似这样的问题还有很多。例如,为了帮助学生掌握定性比较共价键键能大小的方法,构建了这样的思维模型:键合原子的原子半径越小,键长越短,键能越大。但学生在比较卤素分子中的键能大小时会屡屡出错,得出“ $\text{F}-\text{F}$ 、 $\text{Cl}-\text{Cl}$ 、 $\text{Br}-\text{Br}$ 、 $\text{I}-\text{I}$ 的键能依次减小”的结论。查阅资料^[1]知: $\text{F}-\text{F}$ 、 $\text{Cl}-\text{Cl}$ 、 $\text{Br}-\text{Br}$ 、 $\text{I}-\text{I}$ 的键能分别是 $157 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $242.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $193.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $152.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。 $\text{F}-\text{F}$ 的键长最短,为什么键能不是最大呢?其实,影响键能大小的因素除了原子半径大小之外,还有键合原子的孤电子对的排斥力。 $\text{F}-\text{F}$ 的键长太短,两个 F 原子间的孤电子对靠得太近,排斥力很大,导致 $\text{F}-\text{F}$ 键能变弱。同理, $\text{C}-\text{C}$ 的键能为 $347.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,而 $\text{O}-\text{O}$ 的键能为 $142 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ^[1],是因为 O 原子的半径很小,两原子间孤电子对的排斥力大成为主要因素,导致键能变小。 $\text{H}-\text{H}$ 键能为 $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,键长最短,为什么键能最大?因为 H 原子半径最小但没有孤电子对,也就不存在孤电子对间的



排斥力。

物质性质与反应规律通常受多个因素的影响,而且主要与次要因素在一定条件下会发生转化,在处理复杂问题时,不能机械地生搬硬套,要根据对象,分清整体与局部、主要和次要矛盾(因素),才能快捷、准确地解决问题。

四、当认知范围扩大时要适当拓展思维模型

课本是教师的教学之本,也是学生的学习之本。随着新课改的逐步推进,“用教材教而不是教教材”已是教师耳熟能详的新课程理念之一。考试命题“源于教材而高于教材”已是常态。因此,课堂教学要重视教材,但不能机械地教教材。如果以课本内容和认知层次构建思维模型,不敢越教材半步,恐怕很难达到新课程教、学、评的要求。

例如,关于“熵”的教学,教材中只有这样的阐述:“科学家用熵(符号为 S)来度量体系混乱的程度。对于同一种物质,气态时的熵值最大、液态时的次之、固态时的最小。体系有自发地向混乱度增加的方向转变的倾向。熵增过程有利于化学反应自发进行。”长期以来,教师都是以此为依据构建判断化学反应过程熵变的思维模型,同物质熵值:气态 $>$ 液态 $>$ 固态;状态相同时物质的量越多,熵值越大。但近几年浙江省选考命题却拓展了教材的认知范围与层次,例如:

例2. (2021年浙江省选考17题)相同温度和压强下,关于物质熵的大小比较,合理的是()。

- A. $1\text{ mol CH}_4(\text{g}) < 1\text{ mol H}_2(\text{g})$
- B. $1\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g}) < 2\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$
- C. $1\text{ mol H}_2\text{O}(\text{s}) > 1\text{ mol H}_2\text{O}(\text{l})$
- D. $1\text{ mol C}(\text{s, 金刚石}) > 1\text{ mol C}(\text{s, 石墨})$

例3. (2022年浙江省选考20题)AB型强电解质在水中的溶解表示为 $\text{AB}(\text{s}) = \text{A}^{n+}(\text{aq}) + \text{B}^{n-}(\text{aq})$, 其焓变和熵变分别为 ΔH 和 ΔS 。对于不同组成的AB型强电解质,下列说法正确的是()。

- A. ΔH 和 ΔS 均大于零
- B. ΔH 和 ΔS 均小于零
- C. ΔH 可能大于零或小于零, ΔS 大于零
- D. ΔH 和 ΔS 均可能大于零或小于零

这两道试题,考生普遍做错,全省的得分率极低,

这是由于学生仅靠课本知识建构的思维模型是无法解决问题的。因此,课堂教学必须拓展定性判断熵值大小的思维模型:分子结构越复杂,体系越混乱,熵值越大。同物质:气体 $>$ 液体 $>$ 固体;同状态:物质的量多的 $>$ 物质的量少的;同物质同状态:温度高的 $>$ 温度低的,压强低的 $>$ 压强高的;同状态同物质的量的不同物质:分子所含原子数越多、摩尔质量越大,熵值越大,若原子数相同则中子与质子数之和越大,熵值越大,晶体微观结构越无序,熵值越大。

高考试题与化学教材的关系可归纳为紧扣、概括、拓展、升华、游离。素养为本的教学,不仅要潜心研究教材、走进教材,更要潜心研究课标、研究高考,掌握好教学的宽度、深度和高度,善于走出教材,改变学生总是跟着教师和教材转、不敢越教材一步的局面,使学生敢于打破思维定势,促进思维创新。

五、结语

查理·芒格认为:“思维模型是你大脑中做决策的工具箱。你的工具箱越多,你就越能做出最正确的决策。”化学教学要重视思维模型的建构与应用,但运用时不能生搬硬套,固化认知,不然会得出荒谬的结论。因为任何思维模型都有局限性,都只有在一定场合、一定条件下才能适用。因此,高三复习教学不能简单重复教材的教学内容,要善于重组与整合,构建解决同一类型问题的有序、系统的思维模型,以实现考点的突破和对知识的深层理解。这样,学生即使遇到拓展性问题,也会基于对概念或反应原理的本质理解,通过推理分析得出正确结论。同时,要积极创设各种真实情境,提出有广度和深度的问题链,触及学生的认知盲区,驱动学生自主洞悉不同的应用场景,关注量变引起质变的关键点,抓住错综复杂矛盾体系中的主要矛盾,自觉拓展知识的视野,在应用思维模型解决陌生问题的过程中不断突破自我,修正模型、完善模型和升华模型,实现思维创变,形成多元思考的复式框架,为思维赋能,实现模型认知素养水平的提升。

参考文献

- [1] 罗渝然. 化学键能数据手册[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

(本文编辑:阳 木)