

核心概念统领下的高中化学教学实践与思考

——以“沉淀溶解平衡原理”为例

福建省晋江市第一中学 362200 曾晓军

一、问题的提出

美国著名课程专家埃里克森提出“核心概念应该是居于学科中心,且有超越课堂的持久和迁移价值的关键性原理、方法和概念。同时,它们还具有广阔的解释空间,能为相关领域的发展提供深入的视角,并加强学科之间的联系。”化学核心概念则是建立在化学发展的过程中,在化学学科体系中有着重要的地位,体现了化学运动规律、本质属性,是一种能对化学现象和事实概括与抽象的思维形式,更是化学学科体系的精髓和命脉。

在《化学反应原理》模块中,就包含着大量的化学核心概念和原理知识。在教学中发现,学生最难学的就是这部分内容。这个模块的学习,需要学生从宏观到微观、从定性到定量、由静态到动态等多个角度观察、思考化学变化的问题;学会建立和转换不同概念之间的关系;更需要通过对纷繁复杂的化学现象背后共同规律的认识,体会现象背后的统一性。

化学平衡在化学课程中占着举足轻重的位置,历年来称为高考的热点。“沉淀溶解平衡”是继化学平衡、电离平衡、水解平衡后又一个重点内容,本文以“沉淀溶解平衡原理”一节为例,通过课堂教学来帮助学生建构化学核心概念,进行化学核心概念的教学实践和探索。

二、教学实践

1. 学情分析

(1) 从知识结构上看,学生已经具备了复分解反应、化学平衡和溶液中其他离子平衡等相关知识,并且能独立或合作完成简单的探究实验活动,具备解决简单实际问题的能力。

(2) 学习困难学生认为沉淀溶解平衡是完全进行到底的,不认为反应后溶液中仍有沉淀中含有的离子存在。另外,在对复分解反应的认识上

有局限性,归纳概括能力有一定的问题。

2. 教学思路

建构主义理论认为,学生是认知的主体,是教学的中心,所以教学方法和教学设计都应围绕这个中心来进行。以化学实验探究作为学生主动构建化学知识的手段,在教学中形成了一种有效的教学模式:复习已有知识—提出问题预测新知—实验探究—总结结论—反思与表达,充分发挥学生学习的主动性,使学生真正成为学习的主人、知识的主人。

3. 教学过程

板块一 沉淀溶解平衡原理

设计意图:教学情境的创设是教学设计的关键。在化学概念教学中,教学情境更有利于学生主动建构化学概念知识,学生以原有概念为基础,从情境中发现问题,并分析解决问题,同时引出了实验探究的主题,最终建立概念知识体系,取得更好的教学效果。

思考:在学习复分解反应时,盐和盐生成两种新盐,发生复分解反应的条件是什么?

结论:要符合复分解反应的三个条件之一;两种盐必须可溶。

【小实验】

(1) 取一支试管,向其中滴加 2 mL NaCl 溶液,然后向其中逐滴加入 AgNO₃ 溶液。

(2) 向实验(1)中的试管中滴加 KI 溶液。

(3) 向实验(2)中的试管中滴加 Na₂S 溶液。

现象:无色—白色—黄色—黑色

原因: $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl} \rightarrow \text{AgI} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}$

思考:实验中,NaCl 和 AgNO₃ 生成了白色沉淀 AgCl,再加入 KI 溶液生成黄色沉淀 AgI,这是不溶物 AgCl 和 KI 溶液的反应,实验(3)同样,这与我们所学过的有所不同,原因是什么?这就与沉淀的溶解平衡有关。

讨论: 根据物质的溶解性的差异可以将物质分为哪几类? 什么样的物质称为难溶物? 如氯化银、硫酸钡就属于难溶物。那么, 它们在水中是否完全不能溶解?

通常根据物质在 20℃ 时溶解度的大小来划分物质的溶解性(表 1)。

表 1

溶解性类型	易溶	可溶	微溶	难溶(不溶)
溶解度(S)	$S > 10g$	$10g \geq S \geq 1g$	$1g > S \geq 0.01g$	$S < 0.01g$

难溶物在水中能极少量地溶解, 那么如何证明这些难溶物在水中仍能少量溶解?

【活动与探究】

设计实验方案验证难溶电解质 PbI_2 固体在水中仍能少量溶解。

方案: (1) 将少量的 PbI_2 固体加到盛有一定量水的试管中, 振荡, 静置一段时间。

(2) 取上层清液 1~2 mL, 加入试管中, 逐滴加入 $AgNO_3$ 溶液, 振荡, 观察实验现象。

请分析产生以上实验现象的原因。

结论: 取上层液加入 $AgNO_3$ 溶液后有沉淀生成, 说明清液中存在 I^- , 进而说明 PbI_2 能在水中少量溶解。

分析 $PbI_2(s) \rightleftharpoons Pb^{2+}(aq) + 2I^-(aq)$, 溶解就是固体变成水溶液中离子的过程。

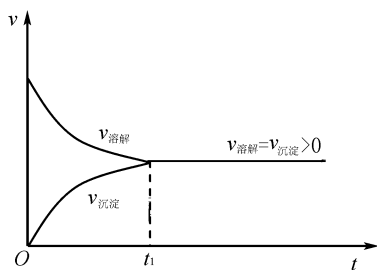


图 1

图 1 所示为溶解和沉淀速率随时间变化的曲线, 当 $v_{溶解} = v_{沉淀} > 0$ 时, 溶液就达到了饱和, 固体物质的质量就不再变化了, 表面上看上去就像“不溶”了, 实际上是溶解和沉淀的速率相等。

(1) 定义

一定温度下, 沉淀溶解成离子的速率等于离

子重新结合成沉淀的速率, 形成饱和溶液, 固体质量和溶液中各离子的浓度保持不变的状态。

(2) 沉淀溶解平衡的特征

沉淀溶解平衡是一种可逆过程, 具有化学平衡状态的特征。

①动: 属于动态平衡

②等: 沉淀溶解速率与沉淀生成速率相等, $v(\text{沉淀}) = v(\text{溶解}) \neq 0$

③定: 溶液中各成分的浓度都不再发生变化

④变: 改变外界条件时, 沉淀溶解平衡将发生移动, 达到新的平衡。

板块二 影响沉淀溶解平衡的因素

设计意图: 学生已学过化学平衡等, 对影响平衡的因素并不陌生, 根据以往知识进行交流与讨论, 不难得到影响沉淀溶解平衡的相关因素, 并可比较与其它化学平衡、电离平衡的相同点和不同点, 进一步加深对概念的理解。

【交流与讨论】根据化学平衡的相关知识, 讨论影响沉淀溶解平衡的因素有哪些?

内因(决定因素): 难溶物质本身性质——主要决定因素。

外因:

讨论: 对于平衡 $AgCl(s) \rightleftharpoons Ag^+(aq) + Cl^-(aq)$ 若如表 2 所示改变条件, 对其有何影响。

表 2

改变条件	平衡移动方向	平衡时 $c(Ag^+)$	平衡时 $c(Cl^-)$
升温			
加水			
加 $AgCl(s)$			
加 $NaCl(s)$			
加 $NaI(s)$			
加 $AgNO_3(s)$			加 $NH_3 \cdot H_2O$

归纳:

(1) 浓度: 加水, 平衡向溶解方向移动

(2) 温度: 升温, 多数平衡向溶解方向移动 ($Ca(OH)_2$ 除外)

(3) 同离子效应: 向平衡体系中加入相同的离子使平衡向沉淀方向移动

(4) 其他: 向平衡体系中加入可与体系中某

些离子反应生成更难溶物质或气体时,平衡正移
练习

表3 操作会使 $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$ 溶解平衡如何移动?

表3

操 作	加水	升温	加入 CaCl_2 或 Na_2CO_3	加入盐酸
溶解平衡				
移动方向				

板块三 溶度积常数(K_{sp})

设计意图:用化学用语来表示沉淀溶解平衡,更简洁的表示平衡的双向动态建立过程,便于准确地使用平衡常数(K)的表达式(此处的 K 可以修正为溶度积常数 K_{sp}),使沉淀溶解平衡概念从定性到定量,深化概念的理解。

【问题探究】如何表示沉淀溶解平衡的平衡常数?

对于 $\text{PbI}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^-$ 这个溶解沉淀平衡的可逆过程,它的平衡常数可以表示为:

$$K = \frac{c(\text{Pb}^{2+})c(\text{I}^-)^2}{c(\text{PbI}_2)}$$

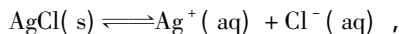
$$K_{sp} = Kc(\text{PbI}_2) = c(\text{Pb}^{2+})c(\text{I}^-)^2$$

也是一个常数,在一定温度下,难溶固体在溶液达到沉淀溶解平衡状态时,离子浓度保持不变(或一定)。各离子浓度幂的乘积是一个常数,这个常数称之为溶度积常数简称为溶度积,用符号 K_{sp} 表示。

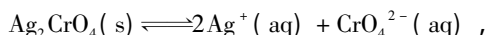


$$K_{sp} = c(A^{n+})^m \cdot c(B^{m-})^n$$

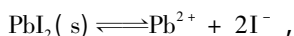
例如:常温下沉淀溶解平衡:



$$K_{sp}(\text{AgCl}) = c(\text{Ag}^+) \cdot c(\text{Cl}^-) = 1.8 \times 10^{-10}$$



$$K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = c(\text{Ag}^+)^2 \cdot c(\text{CrO}_4^{2-}) = 1.1 \times 10^{-12}$$



$$K_{sp} = c(\text{Pb}^{2+})c(\text{I}^-)^2 = 7.1 \times 10^{-9}$$

【问题探究】(1)溶度积和溶解度都可以表示物质的溶解能力,请根据表4分析,溶度积与溶解度有什么关系?

(2)写出下述难溶物的溶度积表达式。

表4

难溶物	K_{sp} 表达式	$K_{sp}(25^\circ\text{C})$	溶解度(g)
AgCl		$1.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$	1.8×10^{-4}
AgBr		$5.0 \times 10^{-13} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$	8.4×10^{-6}
AgI		$8.3 \times 10^{-17} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$	2.1×10^{-7}
$\text{Mg}(\text{OH})_2$		$5.6 \times 10^{-12} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$	6.5×10^{-3}
$\text{Cu}(\text{OH})_2$		$2.2 \times 10^{-20} \text{ mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$	1.7×10^{-5}

溶度积 K_{sp} 的性质

(1)溶度积 K_{sp} 的大小和平衡常数一样,它与难溶电解质的性质和温度有关,与浓度无关,离子浓度的改变可使溶解平衡发生移动,而不能改变溶度积 K_{sp} 的大小。

(2)溶度积 K_{sp} 反映了难溶电解质在水中的溶解能力的大小。相同类型的难溶电解质的 K_{sp} 越小,溶解度越小,越难溶于水;反之 K_{sp} 越大,溶解度越大。

如: $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$; $K_{sp}(\text{AgBr}) = 5.0 \times 10^{-13}$; $K_{sp}(\text{AgI}) = 8.3 \times 10^{-17}$ 。

因为: $K_{sp}(\text{AgCl}) > K_{sp}(\text{AgBr}) > K_{sp}(\text{AgI})$, 所以溶解度: $\text{AgCl} > \text{AgBr} > \text{AgI}$ 。

不同类型的难溶电解质,不能简单地根据 K_{sp} 大小,判断难溶电解质溶解度的大小。

如: $K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5.6 \times 10^{-12}$, $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \times 10^{-10}$

不能由此判断 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 比 AgCl 更难溶于水。而要通过计算比较 Mg^{2+} 与 Ag^+ 浓度的大小或求二者的溶解度的大小来判断。

设 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 的饱和溶液中 $c(\text{Mg}^{2+})$ 为 x , $c(\text{OH}^-) = 2x$; AgCl 的饱和溶液中 $c(\text{Ag}^+) = c(\text{Cl}^-) = y$

$$x = \sqrt[3]{\frac{K_{sp}(\text{Mg}(\text{OH})_2)}{4}} = \sqrt[3]{\frac{5.6 \times 10^{-12}}{4}}$$

$$= 1.12 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$y = \sqrt{K_{sp}(\text{AgCl})} = \sqrt{1.8 \times 10^{-10}}$$

$$= 1.34 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

因为: $x > y$ 所以: AgCl 比 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 更难溶。

也可进一步求出它们的溶解度,在 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 AgCl 的饱和溶液中,溶液的浓度很小,其密度均取1,所以溶解度:

$$s(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 58 \times 1.12 \times 10^{-4} \times 100/1000 = 6.50 \times 10^{-4}(\text{g})$$

$$s(\text{AgCl}) = 143.5 \times 1.34 \times 10^{-5} \times 100/1000 = 1.92 \times 10^{-4}(\text{g})$$

溶解度: $\text{Mg}(\text{OH})_2 > \text{AgCl}$ 。

板块四 溶度积规则

设计意图: 在学生已有的化学平衡常数和浓度商关系的基础上, 迁移得出 K_{sp} 与 Q 的关系, 将抽象的表达式内隐的平衡观通过图像生动直观体现出来, 有助于核心概念沉淀溶解平衡和沉淀溶解平衡移动的理解。

【问题探究】某温度时, BaSO_4 在水中的沉淀溶解平衡曲线如图 2 所示。请同学讨论: 曲线和 $a b c d$ 四个点的意义?

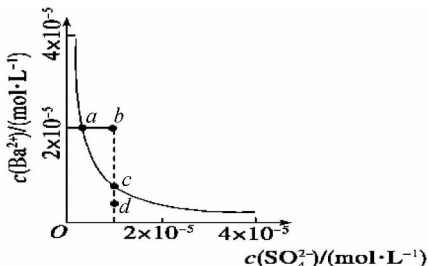


图 2

在一定温度下, 通过比较任意状态离子积 (Q) 与溶度积 (K_{sp}) 的大小, 判断难溶电解质沉淀溶解平衡进行的方向。

①当 $Q = K_{sp}$ 时, 饱和溶液, 已达到沉淀溶解平衡状态。

②当 $Q < K_{sp}$ 时, 不饱和溶液, 沉淀溶解, 即反应向沉淀溶解的方向进行, 直达平衡状态(饱和为止)。

③当 $Q > K_{sp}$ 时, 离子生成沉淀, 即反应向生成沉淀方向进行, 直到平衡状态(饱和为止)。

思考: 将 0.001 mol/L NaCl 溶液和 $0.001 \text{ mol/L AgNO}_3$ 溶液等体积混合, 是否有 AgCl 沉淀生成?

【展示】溶洞图片

探究: 溶洞是如何形成的? 与化学平衡什么关系?

扩展: 已知牙齿表面有一层坚硬的牙釉质羟基磷酸钙 $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$, 它对牙齿起到保护作用。使用含氟牙膏能生成更难溶且耐酸的氟

磷酸钙 $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}]$ 覆盖在牙齿表面, 抵抗 H^+ 的侵袭。

设计意图: 结合学生已有的经验, 把知识放在具体的熟悉的情节中, 以问题启发学生从新的角度思考, 帮助学生定量理解沉淀溶解平衡, 为下面的沉淀的溶解和转化做好准备。

三、反思与总结

1. “沉淀溶解平衡”与生活生产密切相关, 在教学中选用多种情境素材, 通过学生感兴趣的小实验, 充分利用认知冲突, 采用科学合理的教学策略引导学生自主建构沉淀溶解平衡, 培养学生解决冲突的能力, 加深学生对沉淀溶解平衡本质的认识理解, 实现核心知识向应用转化, 培养学生的创造力。

2. 让学生调用自己头脑中的原有实验技能自主设计实验来证明“难溶电解质固体在水中仍能少量溶解”。不同的设计方案可以让学生相互交流和分享自己的设计成果, 解构和理解其中的设计原理, 最后再完成实验。这样做, 不但打破了传统课堂理论学习的沉闷学习氛围, 而且对培养学生的创新思维能力也极为有利。引导学生运用实验探究和理论分析相结合的方式探究学习, 让学生体会到化学知识的价值和自主学习的乐趣。

3. 课堂的提问行为在启发学生思考的过程中起着不可替代的作用, 根据学生的认知特点和学习情况, 通过发问、追问、反问、质疑、设问等手段, 诱发学生反思自己的认知缺陷, 拓展自己的思维角度、激发探究欲望, 促进概念的理解。

核心概念统领下的化学教学更加关注学生的认知水平和有利于学生知识结构和体系的构建。教学不仅仅向学生传递了具体的事实性知识, 而是帮助学生构建和深层次地理解化学学科的本质, 即使学生在今后的生活中将事实性的知识遗忘, 但是仍然会在头脑中留下对于化学学科的总观性的认识, 这也就是学科的核心素养。教师要精心创设情境, 在教学过程中尽可能将核心概念外显, 让学生建立起具体事实和重要思想方法之间的相关性, 在活动中解决基本问题, 形成、巩固和应用核心概念。

(收稿日期: 2017-01-18)