

# 起实际问题 行科学探究 落素养提升

周长桂

山东省枣庄市第一中学 山东省枣庄市 277300

**摘要:** 教学一线的老师, 经常在课上或课余遇到学生提出的形形色色各种问题, 本文从学生提出的问题出发, 对学生的问题进行梳理分类, 举例说明开展科学的探究活动, 或理论推理, 或设计实施化学实验证明, 从而收获严谨的结论或经验。整个过程中, 学生积极参与进来, 亲历各种学习行为, 思想从困惑、解惑、懵懂、开朗的过程, 最终收获的是学生思维品质和科学素养提升。

**关键词:** 真实问题; 情境创设; 科学探究; 素养提升

## 1 问题的提出

在高中化学教学过程中, 细心的同学总是提出各种问题, 部分老师对学生提出的问题不予理睬, 认为考不到或超出中学学习范畴, 长此以往, 势必打消学生的积极性, 不利于学生的思辨能力和质疑思想培养; 部分老师基于经验, 从已有的知识结构和思维定势给予解答, 但是这些没有经过证实的结论能不能经得起时间和科学的考验, 尚未可知。学生提出问题, 从心理学的角度来讲, 正是学生的认知水平出现局限或解决问题的思路出现了障碍, 而内心的需要又是急于解决, 这样才产生认知上的冲突, 产生内驱力, 如果老师及时疏导、和其交流、和学生一起讨论、探究, 效果是很明显的。老师殚精竭虑地讲述、创设各种

生硬情境调动学生参与学习过程, 对学生来说都是被动的, 都不如让教学起于学生提出真实的问题情境, 开展科学的探究和创新活动, 通过大胆的预测和猜想, 经过理论推理, 或通过化学实验的证明, 从而收获科学严谨的结论或经验, 让学生带着问题参与整个求真的探究过程, 最终提升自己的学科素养。高中化学核心素养应该包括化学学科观念、化学学科思维、科学探究实践和化学学科追求<sup>[1]</sup>。笔者认为, 探究实践和思维的过程对素养提升尤为关键。

## 2 问题整理

根据高中化学教学经验, 学生常提出问题琳琅满目, 根据实际问题的性质, 梳理如表 1。

表 1 学生提出问题归类

| 学生提出的问题                    | 举例                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 遗忘基本知识或常用规律                | 如讲硅酸钠时知道其黏性不知道还可以做防火材料; 生石灰可以做食品干燥剂, 为什么五氧化二磷不可以? 玉和刚玉主要成分相同吗?                                                                                                                                                                                          |
| 弄不清常用规律的边缘或条件              | 强酸制弱酸是规律, 但是为什么很多是弱酸可以制强酸的; $\text{Fe}^{2+}$ 与 $\text{HCO}_3^-$ 不能共存因为水解互促吗? 由于高氯酸是最强的含氧酸, 则非金属性氯元素应该强于氮, 又 $\text{NCl}_3$ 水解方程式为: $3\text{H}_2\text{O} + \text{NCl}_3 = 3\text{HClO} + \text{NH}_3$ , $\text{NCl}_3$ 中氮元素显负价, 氯元素显正价, 故氮原子得电能能力强, 矛盾吗? |
| 跨学科问题的界定不清晰                | 利用原电池原理防治金属腐蚀为什么是“牺牲阳极阴极保护法”而不是牺牲负极正极保护法; 化学上讲果糖没有醛基不具有还原性, 而生物上讲具有还原性; 生物上讲肽键而化学上讲酰胺基, 两者一样吗?                                                                                                                                                          |
| 一些实验现象和教材叙述有冲突或实验结果和理论值有出入 | 金属锌与硫酸反应后为什么有黑色物质?                                                                                                                                                                                                                                      |
| 授课时碰到超过现在的研究范畴             | 有机化学中的亲电、亲核加成; 各种有机物重排; 有机物命名时各种基团的优先顺序;                                                                                                                                                                                                                |
| 忽略一些隐性条件                   | 为什么将二氧化硫通入氯化钡溶液中有沉淀析出?                                                                                                                                                                                                                                  |

## 3 探究过程

### 3.1 弄清规律的本质和适用条件

强酸制弱酸, 高沸点、难挥发制低沸点、易挥发是高中化学学习的一般规律, 但在学习的过程中, 有很多

不符合这一规律的反应, 正如北师大吴国庆教授所讲:

“化学本身有规律, 但化学的不规律比化学的规律更加普遍”, 不必大惊小怪, 要弄清本质, 逐本寻源。如  $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} = \text{CuS} \downarrow + \text{H}_2\text{SO}_4$  能够发生, 是因为氢硫酸有两

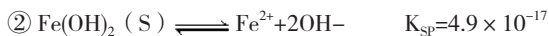
步电离, 即:  $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$  和  $\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ , 因  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{S}^{2-}$  反应生成难溶的  $\text{CuS}$  沉淀, 使硫化氢溶液中  $c(\text{S}^{2-})$  减小,  $\text{H}_2\text{S}$  的两步电离平衡均向右移动, 故硫化氢完全电离出  $\text{H}^+$ , 即体现了弱酸可以制取强酸。

向  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  溶液中通入少量  $\text{CO}_2$ :  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}^{2+} + 2\text{ClO}^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{HClO}$ 。本来碳酸的第二步电离常数小于次氯酸的电离常数, 即  $\text{HCO}_3^-$  的酸性弱于次氯酸, 怎么能发生哪? 这是因为  $\text{Ca}^{2+}$  消耗了  $\text{CO}_3^{2-}$  导致  $\text{HCO}_3^-$  的离子浓度减小,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  第二步电离平衡向右移动, 电离出来的  $\text{H}^+$  和  $\text{ClO}^-$  结合成  $\text{HClO}$ , 道理类似。由以上两个例子可知, 判断反应能否发生的依据是根据  $Q$  和  $K$  的比较:  $Q > K$ , 反应向右进行;  $Q < K$ , 反应向左进行。除此之外, 这条规律不适合氧化还原反应, 在氧化还原反应中有很多反例, 如  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$ ;  $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + \text{S}$ ;  $2\text{HClO} \rightleftharpoons 2\text{HCl} + \text{O}_2$  等等; 由此来看, 强酸制弱酸只是一般规律, 而不规律的才更普遍。

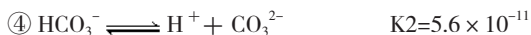
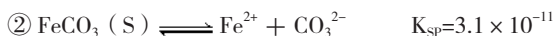
### 3.2 利用平衡常数判断 $\text{Fe}^{2+}$ 与 $\text{HCO}_3^-$ 的反应产物

从学生的提出的疑问看, 一部分同学认为  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{HCO}_3^-$  发生水解反应产物应该是  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  和  $\text{CO}_2$ ; 而另一部分同学认为  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  反应生成难溶物  $\text{FeCO}_3$ 。笔者组织学生进行了科学探究, 从理论和实验两方面研究。

3.2.1 从理论上, ①  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{CO}_2 \uparrow$   $K$



$$\text{可得, ①} = \text{③} \times 2 - \text{②} + \text{④} \times 2 \quad K = 3.6 \times 10^{-25}$$



$$\text{可得, ①} = \text{④} - \text{②} - \text{③} \quad K = 4.3 \times 10^6$$

通过计算化学平衡常数可知, 第二个反应进行比较完全。

3.2.2 用实验证明, 设计简单实验证明沉淀是哪种物质。

很明显, 两种沉淀的阳离子相同, 只需证明阴离子即可, 又根据现象明显原则, 和盐酸反应放出气泡即为  $\text{FeCO}_3$ 。设计实验步骤如下:

第一步: 取 2mL 0.1mol/L  $\text{FeCl}_2$  溶液加入一试管里, 向里面滴加 2mL 0.2mol/L  $\text{NaHCO}_3$  溶液

第二步: 振荡试管, 充分反应后, 静止, 弃去上层清液

第三步: 向沉淀中加 2mL 蒸馏水, 振荡, 静止, 弃去上层清液; 重复两至三次

第四步: 向试管中沉淀加入几滴稀盐酸, 放出气泡

结论:  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{HCO}_3^-$  不能共存不是因为水解互促, 而是  $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ , 由于  $\text{Fe}^{2+}$  的引入, 和  $\text{CO}_3^{2-}$  反应生成  $\text{FeCO}_3$  沉淀, 从而促进  $\text{HCO}_3^-$  的电离, 氢离子浓度增大, 和原来过量的  $\text{HCO}_3^-$  结合, 放出  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  气体。

设计意图: 通过平衡常数判断反应能否发生, 结合化学实验验证  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{HCO}_3^-$  的反应产物到底是不是水解互促, 通过宏观现象和微观推理的过程, 进一步发展学生宏观辨识和微观探析、变化观念、科学探究等核心素养。见图 1。

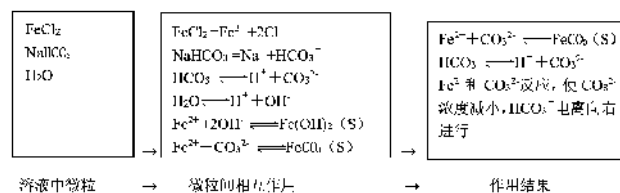


图 1  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{HCO}_3^-$  的反应原理分析

### 3.2.3 思维模型的构建

山东技术出版社出版的《化学反应原理》中讲到, 泡沫灭火器中装有  $\text{NaHCO}_3$  溶液和  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液, 两者混合后发生剧烈反应, 生成沉淀和气体, 用于灭火。此反应的总反应为:  $\text{Al}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ , 此类反应的特点是两种微粒水解互促到底, 生成沉淀或气体;  $\text{FeCl}_2$  溶液和  $\text{NaHCO}_3$  溶液混合发生:  $\text{Fe}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ , 此类反应特点是微粒间发生复分解反应, 促进某微粒的电离向右进行。两个反应有本质的区别。其思维模型如图 2。

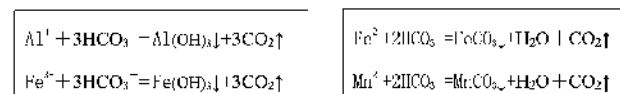


图 2 金属离子和  $\text{HCO}_3^-$  反应模型

3.3 弄清不同学科的不同界定, 理清模糊认知

### 3.3.1 化学上阴阳极和物理上的正负极

高中化学上规定, 发生氧化反应的为阳极, 发生还原反应的为阴极。所以无论原电池还是电解池, 发生氧化反应的均为阳极, 发生还原反应的均为阴极。利用原电池原理, 对金属腐蚀进行防护, 牺牲阳极阴极保护法是阳极金属失

去电子,发生氧化反应,从而保护了阴极。在物理学上规定,在外电路,电流的方向是正电荷移动的方向,电流从电势高的正极流向电势低的负极。物理学上研究电流的方向,而化学则更揭示化学反应的本质,在原电池部分还引入了电子导体(外电路即导线)和离子导体(内电路即电解质溶液或熔融电解质内部)概念,包括电流是如何产生的,电子的流向等问题均有说明。物理学上的电源就是化学上说的原电池装置,故在化学上还沿用物理学上正负极的说法,只是在电池的内电路(电解质溶液内部)称为阴阳极。

### 3.3.2 生物学上的肽键和化学上酰胺基的区别

在有机化学中,酰胺基是 $-\text{CO}-\text{NH}-$ ,其中碳氧成双键,氮氢成单键。肽键都是酰胺基,酰胺键包括肽键但不等同于肽键。酰胺键所指的范围比肽键的大<sup>[2]</sup>。而在生物学上,二肽及多肽或多肽链形成的蛋白质里面的酰胺键才叫做肽键,是由一分子氨基酸的氨基与另一分子氨基酸的羧基脱水缩合而来。换言之,肽键只有在肽中才有,而酰胺基不一定存在于肽中,可能存在于其他类物质中。从范围来说,酰胺基包括肽键,比肽键存在的范围广。2020年山东高考化学17题有机基础题,第五小题答案为羰基和酰胺基,因存在的物质不是二肽或多肽或蛋白质,故很多同学把酰胺基错答为肽键。

### 3.3.3 生物学上果糖的还原性

在生物学上,果糖可以和斐林试剂(新制的碱性 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液)反应,体现果糖的还原性。但是在化学上,果糖作为最甜的单糖,其为多羟基酮。按照是否含有醛基的界定,应该不属于还原性糖。但参照百度百科,解释为:在碱性溶液中,果糖由于糖分子中多个羟基对酮基的影响,发生了两种可能的变化:一是经烯醇化作用发生异构变成醛糖;二是发生分解,产生含醛基的其他小分子有机物。由此可知,果糖溶液中总是含有醛糖及含醛基的有机物,能和新制的碱性 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液发生反应,也可跟银氨溶液发生银镜反应。因此,果糖与葡萄糖都是还原性糖。

### 3.4 基于真实问题,大胆预测,设计实验方案证明

普遍老师在授课时都认为二氧化硫通入氯化钡溶液和二氧化碳通入氯化钙溶液一样均没有沉淀生成,基于的化学反应规律是复分解反应中弱酸不能制取强酸。但将 $\text{SO}_2$ 持续通入 $0.2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{BaCl}_2$ 溶液却生成白色浑浊。这明显与我们的认知不符,为弄清楚其反应的本质,真实教学片段

如下:

问:从化学反应前后的元素组成来看,沉淀的成分可能是谁?

答:硫酸钡或亚硫酸钡或两者混合物。

问:如何证明你的假设,请设计简单的实验证明。(提示:通常条件下,1体积水溶解40体积 $\text{SO}_2$ )学生设计实验如下:

设计实验:沉淀 $\rightarrow$ 加过量盐酸 $\rightarrow$ 气泡 $\rightarrow$ 沉淀为亚硫酸钡

沉淀 $\rightarrow$ 加过量盐酸 $\rightarrow$ 无现象 $\rightarrow$ 沉淀为硫酸钡

沉淀 $\rightarrow$ 加过量盐酸 $\rightarrow$ 既有气泡还有固体存在 $\rightarrow$ 沉淀为硫酸钡和亚硫酸钡

问:根据 $\text{SO}_2$ 的溶解度,能否实验中有气泡出现?没有的话,怎样证明亚硫酸钡?

学生讨论回答:利用生成 $\text{SO}_2$ 溶于水得到亚硫酸的还原性,往溶液滴入酸性高锰酸钾溶液,看是否褪色?

再问:你前面在沉淀中加入过量盐酸,氯离子也能使酸性高锰酸钾褪色。如何选择合适的氧化剂哪?

继续谈论,有的小组同学给出了可以选用氯化铁溶液。

即:沉淀 $\rightarrow$ 加过量盐酸 $\rightarrow$ 沉淀溶解,取上清液加入氯化铁溶液中,颜色褪去,即证明原沉淀为亚硫酸钡。

通过实验,确定为第三种情况,即沉淀为亚硫酸钡和硫酸钡的混合物。

追问:根据氧化还原反应的规律,为什么会生成硫酸钡?

答:空气中有氧气参与反应。氧气有氧化性,是比较典型的氧化剂,和 $\text{SO}_2$ 和 $\text{BaCl}_2$ 溶液反应生成 $\text{BaSO}_4$ 。

由以上分析可知,二氧化硫通入氯化钡溶液确实有沉淀生成,虽然这和我们学过的强酸制弱酸相违背,但从本质上看,有没有亚硫酸钡沉淀生成,关键看溶液中的 $Q$ 和 $K_{\text{SP}}$ 的相对大小如 $Q>K_{\text{SP}}$ ,就有沉淀生成。24年浙江高考题在这方面就有考察。我们通过学习实践得出的结论和王春: $\text{SO}_2$ 与可溶性钡的强酸盐溶液反应实验再研究<sup>[2]</sup>得出的结论相吻合。

### 3.5 关于N、Cl的非金属性强弱判断

蒋南征认为:从本质上讲, $\text{NCl}_3$ 水解的机理过程为亲电取代,水中氧原子2p轨道上的孤电子对进攻Cl原子上3d空轨道形成配位键, $\text{NCl}_3$ 中N原子2p轨道上的孤电子对能进攻 $\text{H}_2\text{O}$ 中H原子轨道形成共价键,从而形成了全新

的两个  $\sigma$  键。和此相类似的还有：氯胺 ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ) 水解的产物也为  $\text{NH}_3$  和  $\text{HClO}$ 。由此可知，氮和氯形成共价键时，共用电子对是偏向氮的。同时也指出，N、Cl 的非金属性及其相近，并随着环境和条件的影响，还会出现变化，非此即彼的判断谁强谁弱意义不大。而元素周期律也是基本规律，很多的科学发现可能是基于不规律研究出来的。

#### 4 结语

在教师的实际教学过程中，要留意从学生视角发现的化学实际问题，教师要把握问题的真伪，考量有没有研究的必要，并对研究的思路和策略给以科学的指导和规划。根据问题，合理组织调动学生，利用各种相关学科知识和能力，实行科学的论证或实验活动，寻求突破新问题的途径和方法，正像王晶教授所说的：解决问题中所运用的比较、分类、分析、综合、归纳等科学方法，基于实验事实进行证据推理、建构模型均是科学思维的内涵<sup>[3]</sup>。鼓励和提倡学生有见地的提出问题、分析问题原因、寻求解决问题的途径，

以期提高学科素养，这才是学科教学的真谛。但需注意的是：学生素养的提升都不是一蹴而就的，而是一个循序渐进的过程<sup>[4]</sup>，需要老师有足够的耐心，在学生心中播下希望的种子，善待学生的好奇和猎奇心理，静等花开。

#### 参考文献：

- [1] 吴星. 高中化学核心素养的建构视角 [J]. 化学教学, 2017, (2): 3~7
  - [2] 王春.  $\text{SO}_2$  与可溶性钡的强酸盐溶液反应实验再研究 [J]. 化学教学, 2019,(8): 95
  - [3] 王晶. 聚集核心素养 研编化学教材 [J]. 中学化学教学参考, 2024,(9): 5
  - [4] 刘臣, 郭玉林. 深度学习理念下促进学生学科认知能力发展——以“有机合成”高三专题复习为例 [J]. 化学教与学, 2021,542(3): 13, 47-52.
- 作者简介:** 周长桂 (1975.11), 男, 汉族, 籍贯: 山东枣庄, 职称: 中学高级教师, 研究方向: 高中化学教学