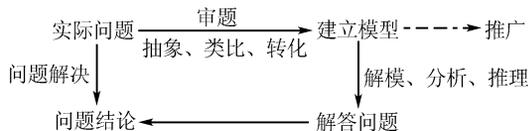


建模思想在解决化学问题中的妙用

江西省南康中学 (341400) 石乾坤

建模是一种科学的思维方法,是一种认识工具。钱学森认为“模型就是通过我们对问题的分析,利用我们考察来的机理,吸收一切主要因素,略去一切不主要因素所创造出来的一幅图画。”建模思想就是把研究对象通过简化、抽象、类比等手段,对研究对象从模糊的现象中抽象出其本质特征,并用适当的文字、线条、图形等方式呈现出来,从而以简化和理想化的形式去再现原型的各种复杂结构、功能和联系的一种科学思想。建模思想的建模程序为:



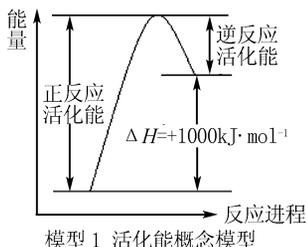
建模思想解决化学问题主要表现为:对化学信息的提炼、概括,对化学概念、反应实质的理解深化,对化学知识的科学梳理,使之系统化,选用适当的模型,降低解决化学问题的难度。下面笔者就教学中的一些理解与做法举例分析。

一、构建概念模型使化学概念清晰化

案例一 例1 (2011海南11题)某反应的 $\Delta H = +100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,下列有关该反应的描述正确的是()。

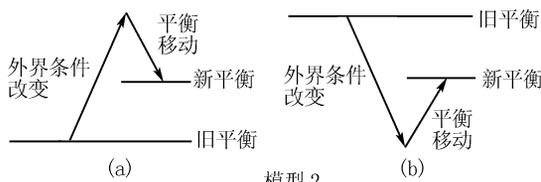
- A. 正反应活化能小于 $100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 逆反应活化能一定小于 $100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C. 正反应活化能不小于 $100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 正反应活化能比逆反应活化能大 $100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

本题是对化学反应中活化能的考查。若直接作答,因概念多,容易出错。能够发生有效碰撞的分子叫做活化分子,同时把活化分子所多出的那部分能量,称作活化能。其中“活化分子所多出的那部分能量”是多少,难以理解和确定。构建模型1把抽象的活化能转化为直观的图示,就容易多了。答案:C、D。



再如,在学习勒夏特列原理时,有些学生不能理解“平衡将向着能够减弱这种改变的方向移动”的含意,可以建立模型2帮助理解:

模型2的几点说明:1.平衡移动的方向与外界条件改变的方向相反;2.平衡移动的结果只是部分



减弱外界条件的改变量,不能完全抵消:(a)中新平衡时该物理量比旧平衡的大,(b)中新平衡时该物理量比旧平衡的小。

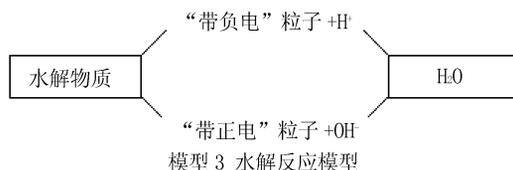
化学概念是将化学现象、化学事实经过比较、综合、分析、归纳、类比等方法抽象出来的理性知识,它是已经剥离了现象的一种更高级的思维形态,反映着化学现象及事实的本质,是化学学科知识体系的基础。要使学生理解和掌握这些含义深刻,内容又比较复杂的概念,就必须使其形象化、具体化,而建模思想就是一种有效的思维途径。

二、构建反应模型使反应原理形式化

案例二 例2 (2012江苏题20)② Al_4C_3 是反应过程中的中间产物。 Al_4C_3 与盐酸反应(产物之一是含氢量最高的烃)的化学方程式为_____。

例3 (2009海南题15)(3) SOCl_2 易挥发,实验室中常用 NaOH 溶液吸收 SOCl_2 ,有 Na_2SO_3 和 NaCl 生成。如果把少量水滴到 SOCl_2 中,实验现象是_____,反应的化学方程式为_____。

以上两道高考试题都体现了水解反应原理。水解反应源于课本但又高于课本,所以理解水解的定义时可拓展为水解物质的中“带负电”粒子与水中 H^+ 结合,而“带正电”粒子与水中 OH^- 结合(即“正负电荷”粒子结合)构建模型3如下:



利用模型3,例2中离子化合物 Al_4C_3 中带部分正电荷粒子 (Al^{3+}) 结合 OH^- ,带部分负电荷粒子 (C_3^{12-}) 结合 H^+ : $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{CH}_4 \uparrow$,第二步反应 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} = \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 合并: $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{HCl} = 4\text{AlCl}_3 + 3\text{CH}_4 \uparrow$.这与实验中制取乙炔气体 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow$ 的原理一致,类似的还有 Al_2S_3 、 Mg_3N_2 、 NaH 等。

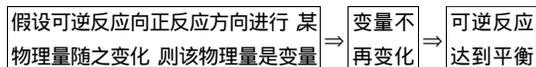
例3中共价化合物 SOCl_2 中带部分正电荷粒子

(SO) 结合 OH⁻, 带部分负电荷粒子(Cl) 结合 H⁺:
 $\text{SOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \uparrow$; 第二步反应
 $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightleftharpoons \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 两步合并: $\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{HCl} \uparrow$, 有白雾, 有刺激性气体生成.
 类似的还有 PCl_3 、 PCl_5 、 BCl_3 、 SiCl_4 等.

学生通过这种由具体到抽象的第一次思维飞跃, 正是对化学反应本质观念的形成, 再将形成的理性思维在新问题中实现思维的第二次飞跃. 即培养了学生的概括能力又使学生深层次的理解了水解反应的实质, 进一步提高了灵活运用知识的能力. 这种反应模型对学习有机反应显得尤为重要, 如加成反应、取代反应、复分解反应等等.

三、构建过程模型使析题过程有序化

案例三 化学平衡状态的判断依据有直接判据 (① $V_{(\text{正})} = V_{(\text{逆})}$); ②各物质的浓度保持不变) 和间接判据. 间接判据中的某个物理量(如混合气体的平均相对分子质量或压强等等) 在一个反应中能用来判断达到平衡, 在另一个反应中却不能用来判断达到平衡, 于是有的学生就不知所措. 其实在化学平衡建立的过程中, 有些物理量随之变化(变量) 达到平衡时该物理量(变量) 也就不变化了. 换言之, 变量不再变化, 可逆反应也就达到了平衡状态. 于是建立过程模型 4:



模型 4

例 4 一定温度下, 固定体积的密闭容器中发生反应: $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$, 下面选项能说明该反应一定达到平衡是().

- A. 混合气体的密度不再改变的状态
- B. 混合气体的压强不再改变的状态

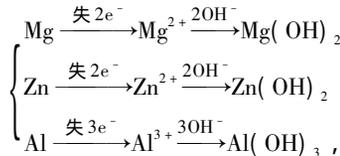
利用模型 4 知压强是变量, 当变量(压强) 不再变化说明反应达到平衡; 而密度从反应开始到平衡状态都是一个常量, 不足以说明是否达到平衡. 选 B.

变式: 上题中的反应改为: $\text{A}(\text{s}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$, 压强是一个常量, 不能用来判断是否达到平衡; 混合气体的密度是变量, 当密度不再改变, 说明可逆反应达到平衡状态. 间接判据常有①体系颜色; ②混合气体的密度(平均相对分子质量、总压); ③各组分的体积(物质的量、质量) 分数; ④反应物转化率等等, 不论怎么变, 只要运用模型 4 就能够轻松应对有关化学平衡状态的判断了.

案例四 例 5 有一块质量为 30 g 的镁、铝、锌合金, 将其溶解于足量稀硝酸中, 生成了标况下 22.4 L NO 气体, 向反应后的溶液中再充入过量氨气, 将生成的沉淀过滤、洗涤、自然凉干, 则所得氢氧化

物沉淀的质量比原合金质量增加了().
 A. 17g B. 51g C. 34g D. 无法计算

根据题意是很难求出镁、铝、锌的质量, 也就算不出结合的 OH⁻ 的质量, 怎么办呢? 构建过程模型:



不难发现合金失去电子的物质的量与结合 OH⁻ 的物质的量相等. 质量增加了 $\frac{22.4 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 3 \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 选 B.

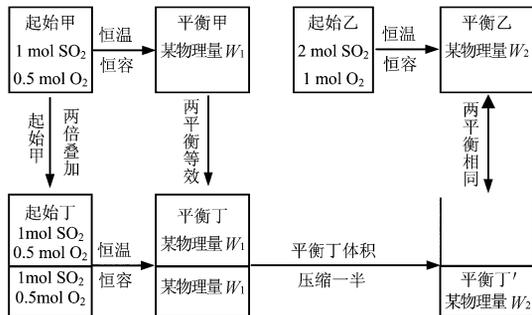
元素的单质及其化合物知识点多, 关系复杂, 这部分知识的问题包含的物质往往较多、相互间反应较多、相互间反应顺序复杂, 难于下手, 构建过程模型, 可以把有序思维的过程表示出来, 优化思维程序, 简化解题过程, 有利于培养思维的逻辑性.

四、构建等效模型使疑难问题简单化

案例五 例 6 (2012 天津题 6) 已知 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, $\Delta H = -197 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 同温、同体积的三个密闭容器中分别充入气体: (甲) 1 mol SO₂ 和 0.5 mol O₂; (乙) 2 mol SO₂ 和 1 mol O₂; (丙) 2 mol SO₃; 恒温、恒容下反应达平衡时, 下列关系一定正确的是().

- A. 容器内压强 $p_{\text{乙}} = p_{\text{丙}} > 2p_{\text{甲}}$
- B. SO₃ 的质量 $m_{\text{乙}} = m_{\text{丙}} > 2m_{\text{甲}}$
- C. $c(\text{SO}_2)$ 与 $c(\text{O}_2)$ 之比 $k_{\text{乙}} = k_{\text{丙}} > k_{\text{甲}}$
- D. 反应放出或吸收热量的数值 $Q_{\text{乙}} = Q_{\text{丙}} > 2Q_{\text{甲}}$

分析 相同条件下, 将起始投料量按化学计量系数之比换算成同一半边的物质, 其物质的量与对应组分的起始投料量相等, 则建立的化学平衡是相同的, 也就是乙、丙两容器内的平衡是一样. 而对于甲、乙容器内的平衡有什么关系呢? 构建等效模型如下:



模型说明 (1) 平衡丁与平衡甲等效(平衡丁中各物质的质量、物质的量是平衡甲中的 2 倍, 平

新情境中考查化学概念和反应原理

——评析 2014 年全国新课程卷 I 理综题 27

陕西省西安市第 89 中学 (710003) 董 啸

2014 年全国高考,陕西、山西、江西、河南、河北、湖南、湖北等省区采用全国新课程卷 I,卷 I 理综题 27 是一道必答题,以次磷酸为中心,考查了一元酸、化合价、氧化产物(化学式)、正盐、盐溶液的酸碱性、电极反应式、电解的概念,以及 P_4 和 $Ba(OH)_2$ 的化学方程式等.本文对该题进行评析.

一、题目

次磷酸(H_3PO_2)是一种精细磷化工产品,具有较强还原性.回答下列问题:

- (1) H_3PO_2 是一元中强酸,写出其电离方程式_____.
- (2) H_3PO_2 及 NaH_2PO_2 均可将溶液中的 Ag^+ 还原为银,从而可用于化学镀银.① H_3PO_2 中, P 元素的化合价为____. ②利用 H_3PO_2 进行化学镀银反应中,氧化剂与还原剂的物质的量之比为 4 : 1,则氧化产物为____(填化学式). ③ NaH_2PO_2 为____(填“正盐”或“酸式盐”),其溶液显____(填“弱酸性”“中性”或者“弱碱性”).
- (3) H_3PO_2 的工业制法是将白磷(P_4)与 $Ba(OH)_2$ 溶液反应生成 PH_3 气体和 $Ba(H_2PO_2)_2$,后者再与 H_2SO_4 反应.写出白磷与 $Ba(OH)_2$ 溶液反应的化学方程式____.
- (4) H_3PO_2 也可以通过电渗析法制备.“四室电渗析法”工作原理如图 1 所示(阳膜和阴膜分别只允许阳离子、阴离子通过):

子通过):

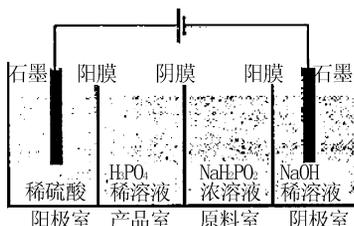


图 1

- ①写出阳极的电极反应式____. ②分析产品室可得到 H_3PO_2 的原因____. ③早期采用“三室电渗析法”制备 H_3PO_2 : 将“四室电渗析法”中阳极室的稀硫酸用 H_3PO_2 稀溶液代替,并撤去阳极室与产品室之间的阳膜,从而合并了阳极室与产品室.其缺点是产品中混有____杂质.该杂质产生的原因是:_____.

二、题目分析

磷及磷的化合物在现行中学教材中几乎不涉及.学生对题中告诉的次磷酸(H_3PO_2)有一定的陌生感,这就要求学生要在新情境中学习,提炼出新信息,再逐步解答.

1. 题中信息的梳理

- (1) 中心物质是 H_3PO_2 , 具有较强还原性,可做

▶ 衡丁中压强、浓度、转化率等分数与平衡甲相等);

- (2) 平衡乙与平衡丁是同一平衡.

平衡丁体积减小一半,若平衡不移动,则压强 $P_乙 = P_丙 = P_丁' = 2P_丁 = 2P_甲$,而实际体积减小,压强增大,平衡向气体体积缩小的方向移动(正反应方向移动),则有 $P_乙 = P_丙 = P_丁' < 2P_丁 = 2P_甲$,选项 A 错.类似分析: SO_3 的质量 $m_乙 = m_丙 > 2m_甲$; $c(SO_2)$ 与 $c(O_2)$ 之比 $k_乙 = k_丙 = k_甲$; 反应放出或吸收热量的数值 $Q_乙 + Q_丙 = 197 kJ$ 但 $Q_乙$ 和 $Q_丙$ 不一定相等,且 $Q_乙 < 2Q_甲$,答案: B.

该模型不仅可用于在恒温、恒容条件下同等倍数改变体系中各物质的量,各自达到平衡状态时的各类数据的分析;也能用于在恒温恒容条件下,增大分解反应的反应物浓度,达平衡状态时反应物转化率的变化分析.

变形 在相同温度相同容积的甲、乙、丙三个密闭容器里,分别进行以下三个反应: $PCl_5(g) \rightleftharpoons$

$PCl_3(g) + Cl_2(g)$, $2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$, $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$, 三个反应达平衡后,又在甲、乙、丙三个密闭容器中分别充入一定量的 PCl_5 、 NO_2 、 HI ,重新达到平衡时 PCl_5 、 NO_2 、 HI 的转化率变化如何?

本题与上题相似,可以看成是“恒温、恒容条件下同倍数改变起始物质的用量”,因此可借助上述模型分析:平衡丁体积压缩,则平衡丁压强增大,平衡向气体体积缩小的方向移动到平衡丁', PCl_5 的转化率减小, NO_2 转化率均增大;平衡丁体积压缩,压强增大,对于气体体积不变的可逆反应平衡不移动, HI 转化率不变.

在化学解题过程中运用等效模型,能使抽象的问题形象化,解题过程模式化、具体化,提高解题过程的规范化、可操作性.

综上所述,解决化学问题时,培养学生建模思想,形成解题的模型,不仅有利于提高学生学习知识的效率,更能提高学生的解题能力,学习能力.

(收稿日期: 2014 - 05 - 17)