

直击高考之实验综合题

江苏省无锡市第三高级中学 214000 蔡 巍

高三学生在实验模块的复习上花费的时间不少,但在解答综合题目时仍感力不从心,不能拿全实验探究题的分数。在这里,对如何做好实验综合题提出几点建议。

1. 明确实验综合题的目的

这是由理解实验题目到解决实验问题最重要的一步,只有明确实验目的,才能真正理解实验问题中每一步的目的,对此一定要高度重视。明白了实验目的,就能真正理解题意,正确解答实验题。

2. 学会评价实验题

一个实验,不管是定性分析物质的性质,还是定量测定产率,不管是有机实验的物质制备,还是无机实验的定性分析,对题目中给出的实验,应思考设计是否合理,是否有干扰现象,经济上是否合算,环境上会不会出现污染等。合理的评价试题,能快速锁定实验目的,找到解决问题的依据。

3. 掌握课本和真题中经典实验的探究方法

通过对课本实验和经典实验问题的分析,掌握解决实验问题的方法,在不断地巩固练习的基础上,提高解决实验综合题的能力。

下面以两道经典综合实验题为例,体验解答实验综合题的分析方法。

例1 (2015年安徽)某研究小组将纯净的 SO_2 气体通入 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中,得到了 BaSO_4 沉淀,为探究上述溶液中何种微粒能氧化通入的 SO_2 ,该小组给出了如下假设:

假设一 溶液中的 NO_3^-

假设二 溶液中溶解的 O_2

(1) 验证假设一:该小组设计实验验证了假设一,请在表1空白处填写相关实验现象。

(2) 为深入研究该反应,该小组还测得上述两个实验中溶液的pH随通入 SO_2 体积的变化曲线如图1所示。

表1

实验步骤	实验现象	结论
实验1: 在盛有不含 O_2 的25 mL 0.1 mol/L BaCl_2 溶液的烧杯中,缓慢通入纯净的 SO_2 气体		假设一成立
实验2: 在盛有不含 O_2 的25 mL $0.1 \text{ mol/L Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液的烧杯中,缓慢通入纯净的 SO_2 气体		

实验1中溶液pH变小的原因是____; V_1 时,实验2中溶液pH小于实验1的原因是(用离子方程式表示)_____。

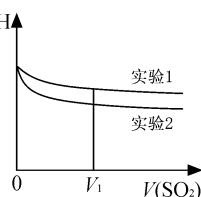


图1

(3) 验证假设二:请设计实验验证假设二,写出实验步骤,预期现象和结论(不要求写具体操作过程)。

(4) 若假设二成立,请预测:在相同条件下,分别通入足量的 O_2 和 KNO_3 氧化相同的 H_2SO_3 溶液(溶液体积变化忽略不计),充分反应后两溶液的pH前者____(填大于或小于)后者,理由是_____。

解析 本题实验目的非常明确,易知道 SO_2 气体被氧化,氧化剂是谁还需探究,整个实验过程的验证需学生注意对照和控制变量。(1)此题的结论已给,答题必须从结论反推现象,故在没有 NO_3^- 和不含 O_2 的 BaCl_2 溶液中,通入纯净的 SO_2 气体不产生沉淀,而在不含 O_2 的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中,通入纯净的 SO_2 气体产生白色沉淀,才可确定假设一成立。

(2) 通过图象分析反应过程,两个实验溶液酸性都有所增强,但增强程度不同。关键是怎样形成酸性的物质。实验1中 SO_2 溶于水后生成 H_2SO_3 ,溶液显酸性,故pH减小;而实验2由于硝酸根离子在酸性条件下具有强氧化性,会发生反应 $3\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_3^- = 3\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO} \uparrow$,生成的硫酸,故溶液pH小于实验1。图象是整个

实验过程的体现。从氧化还原入手,可获得该问题答案。

(3) 该问可完全模仿问题(1) 注意控制变量和对照实验不难得到答案。证明氧气的氧化作用。

(4) 通过两个假设,在相同条件下, O_2 和 KNO_3 都可氧化 H_2SO_3 溶液,根据 $2SO_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2SO_4^{2-} + 4H^+$ 和 $3SO_2 + 2H_2O + 2NO_3^- \rightleftharpoons 3SO_4^{2-} + 4H^+ + 2NO \uparrow$ 可知 相同量的 SO_2 生成氢离子的量前者大,故前者 pH 小于后者。答案略。

点评 本题是一个在实验过程中控制变量和对照思想的经典实例,关键在于如何验证猜想假设。首先,对题目的常见物质的性质要非常熟悉,如 SO_2 是常见还原剂, NO_3^- 在酸性条件下有强氧化性, O_2 也是常见氧化剂。这样学生就会对实验现象非常清楚。其次必须具有根据化学方程式获得各种信息的能力,如溶液的酸性变化情况。这样就可以根据反应前后溶液 pH 的变化,获得更多信息。

例2 (2015年海淀一模) 已知 $FeCl_3$ 溶液与 KI 溶液的反应为可逆反应,某小组对该反应进行实验。

(1) 甲同学首先进行了实验1。

	实验步骤	实验现象
实验 1	i. 取 2 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液,滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $FeCl_3$ 溶液 3 滴(1 滴约为 0.05 mL,下同)。	i. 溶液呈棕黄色。
	ii. 向其中滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $KSCN$ 溶液。	ii. 溶液不显红色。

①写出 $FeCl_3$ 溶液与 KI 溶液反应的离子方程式_____。

②加入 $KSCN$ 溶液的目的是_____。

③甲同学认为溶液不显红色的原因是反应体系中 $c(Fe^{3+})$ 太低,故改进实验方案,进行了实验2。

	实验步骤	实验现象
实验 2	i. 取 2 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液,滴加 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $FeCl_3$ 溶液 3 滴。	i. 溶液呈棕黄色。
	ii. 向其中滴加 2 滴 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $KSCN$ 溶液。	ii. 溶液显红色。
	iii. 继续加入 2 mL CCl_4 , 充分振荡、静置。	iii. 液体分层,上层红色消失,变为棕黄色,下层呈紫红色。

本实验改用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液的的目的是____。用化学平衡原理解释实验2中加入 CCl_4 后上层溶液红色消失的原因:_____。

(2) 甲同学认为“用 CCl_4 萃取后上层溶液仍为棕黄色”的原因是 I_2 未被充分萃取,但乙同学查阅资料得到信息: I_2 、 I_3^- 在水中均呈棕黄色,两者有如下关系: $I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$ 。于是提出假设:萃取后的溶液呈棕黄色的主要原因是存在 I_3^- 。

①为验证假设,乙同学设计并完成了实验3。

	实验步骤	实验现象
实验 3	i. 取 1 mL 实验2中棕黄色的上层清液,再加入 2 mL CCl_4 , 振荡、静置。	i. 液体分层,上层呈黄色,下层呈紫红色。
	ii. 取 1 mL 饱和碘水,加入 2 mL CCl_4 , 振荡、静置。	ii. 液体分层,上层为无色,下层呈紫红色。

实验3的结论是_____。

②甲同学依据乙同学的实验设计思路,选用实验2中的试剂,运用控制变量的方法设计了更加严谨的实验,证明了平衡 $I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$ 的存在。

请你补充完整他设计的实验步骤:将实验2中下层紫红色溶液平均分成两份,分装于两支试管中,向试管1中加入 1 mL 水,振荡、静置;向试管2中____。两支试管中的现象分别为_____。

解析 在整个探究中出现了多个新的情景,因此要明确每一步探究的目的,除此之外,评价实验过程也是顺利理解题意和解答的关键。(1)中①比较简单,属于基础知识考查,答案为 $2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$ (不写“ \rightleftharpoons ”扣条件分)②根据探究的内容,加入 $KSCN$ 溶液的目的是检验溶液中是否大量存在 Fe^{3+} 。③因为 2 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液中 $c(I^-)$ 远远大于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $FeCl_3$ 溶液 3 滴中 $c(Fe^{3+})$ 即使反应存在可逆,也会出现 $c(Fe^{3+})$ 太低的现象。因此做了改进实验2,仔细观察不难看出 KI 溶液浓度减小了 10 倍,故实验2改用 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ KI 溶液的是提高平衡时溶液中的 $c(Fe^{3+})$ 。溶液中存在两个平衡,平衡1: $2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$,平衡2: $Fe^{3+} + 3SCN^- \rightleftharpoons Fe(SCN)_3$ 。加入 CCl_4 后, I_2 被 CCl_4 萃取,平衡1正向移动, $c(Fe^{3+})$ 降低,平衡2逆向移动, $c[Fe(SCN)_3]$ 降低,所以红色消失。 ▶

有关 NaHCO_3 溶液中离子浓度大小问题的探讨

河北省唐山第一中学 063000 乔悦 赵广柱

高中化学习题中,有一类离子浓度大小比较的问题,常常给出不符合实际的答案,对学生产生误导。今以 NaHCO_3 溶液中离子浓度的大小关系为例,对此加以阐述:

例 0.050 mol/L 的 NaHCO_3 溶液呈碱性,下列关系式不正确的是()。

A. $c(\text{Na}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) + c(\text{CO}_3^{2-})$

B. $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$

C. $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$

D. $c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$

答案通常为 B,均把 C 选项认为是正确的,他们的理由是:0.05 mol/L 的 NaHCO_3 溶液呈碱性,所以 $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$; 溶液中存在 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$, $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$, 第一个平衡电离出的 H^+ 浓度等于 CO_3^{2-} 浓度,而第二个平衡又多电离出部分 H^+ , 所以 $c(\text{H}^+) > c(\text{CO}_3^{2-})$ 。笔者对此有异议。

► (2) 在实验过程中又出现了新的问题—棕黄色的原因是什么? 通过对照实验对比可知: ①萃取后的溶液呈棕黄色的主要原因是存在 I_3^- 。②的解题要注意控制变量和探究的目的。为证明 I_2 和 I^- 同时存在可出现棕黄色现象, 可将下层紫红色溶液平均分成两份, 分装于两支试管中, 向试管 1 中加入 1 mL 水, 振荡、静置; 对应现象为液体分层, 上层为无色, 下层呈紫红色, 向试管 2 中加入 1 mL 0.1 mol · L⁻¹ KI 溶液, 振荡、静置, 现象为液体分层, 上层呈黄色, 下层呈紫红色。进而验证实验结论。答案略。

点评 该题是溶液中是否存在可逆反应的探究, 因此明确实验目的是关键。该题重点突出每一步骤的实验探究方法, 尤其突出了对照实验中

一、问题的讨论

以 0.050 mol/L NaHCO_3 溶液为例, 计算溶液中 $c(\text{H}^+) = ?$ $c(\text{CO}_3^{2-}) = ?$

已知 H_2CO_3 的 $\text{p}K_{a_1} = 6.38$ $\text{p}K_{a_2} = 10.25$

NaHCO_3 的质子条件式:

$$c(\text{H}^+) + c(\text{H}_2\text{CO}_3) = c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{OH}^-)$$

代入平衡关系:

$$c(\text{H}^+) + \frac{c(\text{H}^+)c(\text{HCO}_3^-)}{K_{a_1}}$$

$$= \frac{K_{a_2}c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{H}^+)} + \frac{K_w}{c(\text{H}^+)}$$

$c(\text{H}^+)$ 的精确式为:

$$c(\text{H}^+) = \sqrt{\frac{K_{a_2}c(\text{HCO}_3^-) + K_w}{1 + c(\text{HCO}_3^-)/K_{a_1}}}$$

$c(\text{HCO}_3^-)$ 是未知的, 因 K_{a_1} 与 K_{a_2} 相差较大, 所以 $c(\text{HCO}_3^-) \approx c = 0.050 \text{ mol/L}$

$$\therefore K_{a_2} \times c = 10^{-10.25} - 1.30 = 10^{-11.55} \gg K_w$$

\therefore 精确式中忽略 K_w , 即与 HCO_3^- 的酸性相比, 水的酸性太小。

变量的控制思想, 需要学生有扎实的基本功和实验思维。每一步实验的反思与评价是本题的亮点, 最后对照实验探究陌生的可逆反应存在与否是本题的难点, 需学生克服内心的不自信, 找到突破口, 认真寻找合适的对照实验, 即可验证对应结论。

通过以上对两个经典实例的探究, 不难发现要做好实验综合题最关键的是在最短时间内明确实验目的, 具体问题具体分析, 对应不同类型的实验有不同的解题方法。在实验过程中, 仪器选择、实验操作、获得数据等都是为达到最终目的服务的。要积累一定的经典实验实例, 才能在解答实验题上取得进步。

(收稿日期: 2016-01-15)