

酸碱中和型离子浓度关系的考查方式

江苏省石庄高级中学 226500 邹晨光

近几年理综化学题型相对稳定,但对学生能力的要求越来越高,主要侧重于学生运用所学知识去解决实际问题。溶液中的离子平衡是历年、历次考试的重点、难点问题,它要求学生有很强的分析解决问题的能力。

酸碱中和是中学阶段的重要反应类型,它包括了强酸与强碱、强酸与弱碱、弱酸与强碱、弱酸与弱碱等类型;在定量关系上既有恰好完全反应型,又包括了过量问题的分析。该部分在考查溶液组成、溶液酸碱性等方面有非常重要的意义。

一、酸、碱中和型反应关系解读



图1

由图1可以看出,解决酸碱反应问题,关键是正确判断二者的定量反应关系,进而去确定溶液溶质的组成。由溶液的组成可以判断酸碱性、离子转化关系、离子平衡关系等。

二、几种常见的载体考查

1. 常见弱电解质的电离平衡关系

(1) 弱电解质的电离是微弱的,电离产生的微粒都非常少,同时还要考虑水的电离,如氨水溶液中: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4^+ 、 OH^- 浓度的大小关系是 $c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{NH}_4^+)$ 。

(2) 多元弱酸的电离是分步进行的,其主要是第一级电离(第一步电离程度远大于第二步电离)。如在 H_2S 溶液中: H_2S 、 HS^- 、 S^{2-} 、 H^+ 的浓度大小关系是 $c(\text{H}_2\text{S}) > c(\text{H}^+) > c(\text{HS}^-) > c(\text{S}^{2-})$ 。

2. 常见盐的水解平衡关系

(1) 弱电解质离子的水解损失是微量的(双水解除外),但由于水的电离,故水解后酸性溶液中 $c(\text{H}^+)$ 或碱性溶液中 $c(\text{OH}^-)$ 总是大于水解产生的弱电解质溶液的浓度。如 NH_4Cl 溶液中: NH_4^+ 、 Cl^- 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的浓度大小关系是 $c(\text{Cl}^-) >$

$c(\text{NH}_4^+) > c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ 。

(2) 多元弱酸根离子的水解是分步进行的,其主要是第一步水解,如在 Na_2CO_3 溶液中: CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 H_2CO_3 的浓度大小关系应是 $c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{H}_2\text{CO}_3)$ 。

3. 三大守恒的定量关系

(1) 电荷守恒规律

电解质溶液中,无论存在多少种离子,溶液都是呈电中性,即阴离子所带负电荷总数一定等于阳离子所带正电荷总数。如 NaHCO_3 溶液中存在着 Na^+ 、 H^+ 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 OH^- ,存在如下关系: $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{HCO}_3^-) + c(\text{OH}^-) + 2c(\text{CO}_3^{2-})$ 。

(2) 物料守恒规律

电解质溶液中,由于某些离子能够水解,离子种类增多,但元素总是守恒的。如 K_2S 溶液中 S^{2-} 、 HS^- 都能水解,故硫元素以 S^{2-} 、 HS^- 、 H_2S 三种形式存在,它们之间有如下守恒关系: $c(\text{K}^+) = 2c(\text{S}^{2-}) + 2c(\text{HS}^-) + 2c(\text{H}_2\text{S})$

(3) 质子守恒规律

如 Na_2S 水溶液中的质子转移作用如图2所示:

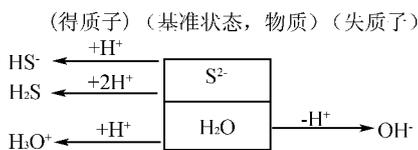


图2

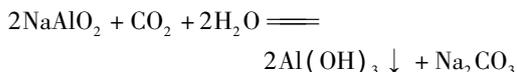
由图2可得 Na_2S 水溶液中质子守恒式可表示: $c(\text{H}_3\text{O}^+) + 2c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) = c(\text{OH}^-)$ 或 $c(\text{H}^+) + 2c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) = c(\text{OH}^-)$ 。质子守恒的关系式也可以由电荷守恒式与物料守恒式推导得到。

三、常考方式阐述与例证

1. 利用选择、填空直接判断溶液的组成及离子浓度关系

例1 (2016年高考四川卷)向1 L含0.01 mol NaAlO_2 和0.02 mol NaOH 的溶液中缓慢通入二氧化碳,随 $n(\text{CO}_2)$ 增大,先后发生三个不

同的反应,当 $0.01 \text{ mol} < n(\text{CO}_2) \leq 0.015 \text{ mol}$ 时发生的反应是:



下列对应关系正确的是()。

选项	$n(\text{CO}_2)/\text{mol}$	溶液中离子的物质的量浓度
A	0	$c(\text{Na}^+) > c(\text{AlO}_2^-) + c(\text{OH}^-)$
B	0.01	$c(\text{Na}^+) > c(\text{AlO}_2^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{CO}_3^{2-})$
C	0.015	$c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-)$
D	0.03	$c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

试题分析 向含 1 L 0.01 mol NaAlO_2 和 0.02 mol NaOH 的溶液中缓慢通入二氧化碳,首先进行的反应为氢氧化钠和二氧化碳反应生成碳酸钠和水,0.02 mol NaOH 消耗 0.01 mol 二氧化碳,生成 0.01 mol 碳酸钠;然后偏铝酸钠和二氧化碳反应生成氢氧化铝和碳酸钠,0.01 mol 偏铝酸钠消耗 0.005 mol 二氧化碳,生成 0.005 mol 碳酸钠;再通入二氧化碳,二氧化碳和碳酸钠生成碳酸氢钠,消耗 0.015 mol 二氧化碳,生成 0.03 mol 碳酸氢钠。A 项,未通入二氧化碳时,根据溶液中的电荷守恒有 $c(\text{Na}^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{AlO}_2^-) + c(\text{OH}^-)$, $c(\text{Na}^+) < c(\text{AlO}_2^-) + c(\text{OH}^-)$, 错误;B 项,当通入的二氧化碳为 0.01 mol 时,则溶液为含有 0.01 mol 碳酸钠和 0.01 mol 偏铝酸钠的混合物, $c(\text{OH}^-) < c(\text{HCO}_3^-)$, 错误;C 项,当通入的二氧化碳为 0.015 mol 时,溶液中含有 0.015 mol 的碳酸钠,离子浓度关系为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{CO}_3^{2-}) > c(\text{OH}^-) > c(\text{HCO}_3^-)$, 故错误;D 项,当通入二氧化碳的量为 0.03 mol 时,溶液为碳酸钠溶液,显碱性,离子浓度的关系为 $c(\text{Na}^+) > c(\text{HCO}_3^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, 故正确。答案:D

2. 依托于中和滴定的图像进行考查

例 2 20 °C 时,向 20 mL 0.1 mol · L⁻¹ 醋酸溶液中不断滴入 0.1 mol · L⁻¹ $\text{NaOH}(\text{aq})$, 溶液 pH 变化如图 3 所示。此过程中溶液中离子浓度的关系错误的是

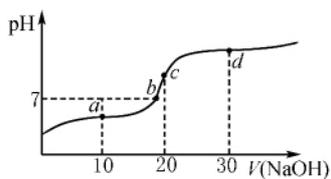


图 3

()

- A. a 点: $c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{Na}^+) > c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$
- B. b 点: $c(\text{Na}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$
- C. c 点: $c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{OH}^-)$
- D. d 点: $c(\text{Na}^+) > c(\text{CH}_3\text{COO}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$

解析 a 点为 CH_3COOH 和 CH_3COONa 等量混合,由于 CH_3COOH 的电离程度大于 CH_3COO^- 的水解程度, A 项正确; b 点溶液呈中性,正确; c 点,正好生成 CH_3COONa 溶液, $c(\text{OH}^-) = c(\text{CH}_3\text{COOH}) + c(\text{H}^+)$, 错误; d 点, CH_3COONa 与 NaOH 按 2:1 混合,该关系式正确。答案:C

3. 依据溶液的酸碱性进行定性、定量计算

例 3 室温下,将 50 mL 的 NaOH 溶液分成两等份,分别向其中滴加一元酸 HA 和一元酸 HB 的水溶液,已知两种一元酸溶液的物质的量浓度相等。

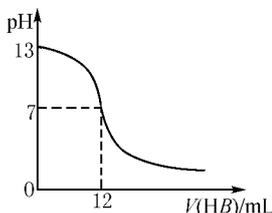


图 4

表 1 是不同体积的 HA 溶液与 NaOH 溶液混合后所得溶液的 pH,图 4 则是 HB 溶液滴定 NaOH 溶液过程中 pH 的变化曲线。

表 1

实验编号	甲	乙	丙	丁
$V(\text{HA})/\text{mL}$	14	16	18	20
混合溶液的 pH	= a	= 7	< 7	= b

请回答下列问题:

- (1) 通过对比确定 HA 与 HB 的酸性强弱: HA _____ HB (填“>”、“<”或“=”) 理由是_____。
- (2) 甲组混合溶液中所有离子的浓度由大到小的顺序可能是(有几种填几种,可以不填满,也可以补充): ①_____; ②_____; ③_____。
- (3) 丁组实验所得混合溶液中, $c(\text{A}^-) - c(\text{Na}^+) =$ _____ mol · L⁻¹。
- (4) 若将该氢氧化钠溶液分成两等份,向一份中加入适量的水,向另一份中加入适量与该氢氧化钠溶液等浓度的盐酸,结果两份氢氧化钠溶液的 pH 都降低了 1,则加入的水与盐酸的体积▶

转化“前概念” 正确书写离子方程式

江苏省海安曲塘中学 226600 陆国军

离子方程式的书写是高中化学教学中重要内容,一直受到高考命题专家的青睐,几乎是每年高考的必考内容。在平时的教学实践中经常发现,学生感觉化学离子方程式比较难写,出错率较高。笔者经过实践探索与分析后发现,在学生头脑中错误前概念的负迁移导致错误频出的缘故。本文结合教学实例来探讨下,有效、灵活的转化前概念的影响与干扰,能够快速、准确的书写高中化学离子方程式。

一、注重全面认识,实现价值学习

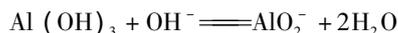
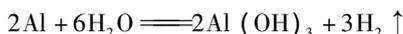
例1 写出 Al 与 NaOH 溶液反应的离子方程式。

错解 $\text{Al} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{AlO}_2^- + \text{H}_2 \uparrow$

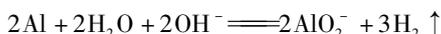
分析 在中学化学中,铝是能与碱溶液反应的为数不多的金属之一,反应生成物 AlO_2^- 也不多见,上述错解呈现的离子方程式原子是守恒的,但是电荷却不守恒;在溶液参与的化学反应中,学生容易存在的前概念为“溶液参与的反应是溶质进行反应”,这种前概念导致学生在写离子方程式时容易出现“漏水”现象。

转化 片面的思维方式是出现错误的主要因素;死记硬背、机械训练并不能从根本上解决问

题,全面认识溶液中的化学反应是准确处理问题和实现价值学习的重要保障。在溶液反应中,存在三种情况:溶质参与反应(NaOH 与 HCl)、溶剂参与反应(Na 与 NaCl 溶液)、溶质和溶剂均参与反应(Al 与 NaOH 溶液)。本题中可认为,Al 先与水反应生成氢氧化铝后再与 NaOH 进行反应即



合并后的离子方程式为



二、把握反应实质,突破思维障碍

例2 写出 Na 与稀 H_2SO_4 反应的离子方程式。

错解 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$

分析 Na 与水的反应,对学生而言应该是十分熟悉且印象深刻,在处理单质 Na 与 CuSO_4 溶液的反应时,学生已经比较清楚:Na 先与水发生反应生成 NaOH 后再与 CuSO_4 反应;这样在学生头脑中会形成前概念:“单质 Na 与任何水溶液反应时,都是先与水反应”;对于单质钠与稀 H_2SO_4 的反应问题时,都会认定是先与水反应生成

► 比为____(忽略溶液混合时的体积变化)。

解析 (1) 由于两份氢氧化钠溶液的体积均为 25 mL,加入等浓度的两种酸溶液使混合溶液的 $\text{pH} = 7$,消耗 HA 溶液 16 mL,消耗 HB 溶液 12 mL,显然消耗 HB 少,故 HB 的酸性强。(2) 由于 HA 一定是弱酸,根据表格中的数据,当加入 16 mL HA 溶液时,混合溶液的 $\text{pH} = 7$,此时 HA 肯定已过量。因此,如果加入 14 mL HA 溶液,此时混合溶液的 $\text{pH} > 7$,则酸碱可能恰好完全反应,也可能 HA 稍过量,也可能 HA 不足,三种情况下溶液中的溶质分别是 NaA、NaA + HA、NaA + NaOH。故离子浓度的关系有两种可能: $c(\text{Na}^+) > c(\text{A}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ 或 $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{A}^-) > c(\text{H}^+)$ 。(3) 根据电荷守恒式可得: $c(\text{A}^-) - c(\text{Na}^+) = c(\text{H}^+) - c(\text{OH}^-) = (10^{-b} - 10^{b-14}) \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。(4) 设原氢氧化钠溶

液的 $\text{pH} = x$,则溶液中 $c(\text{OH}^-) = 10^{x-14} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。加入水, pH 减小 1 个单位,则溶液的体积变为原来的 10 倍,故 $V(\text{水}) = 9 \times 25 \text{ mL} = 225 \text{ mL}$ 。设加入盐酸的体积为 V ,根据题意可知其中 $c(\text{H}^+) = 10^{x-14} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。混合后溶液 $\text{pH} = x - 1$, $c(\text{OH}^-) = 10^{x-15} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。故 $\frac{10^{x-4} \times 25 - 10^{x-14} V}{25 + V} = 10^{x-15}$ 解得 $V = \frac{225}{11} \text{ mL}$ 。

综上所述可得: $V(\text{水}):V(\text{HCl}) = 11:1$ 。

答案:(1) < 中和等物质的量的 NaOH 至中性,消耗等浓度的一元酸 HB 溶液的体积比 HA 溶液的体积小;(2) ① $c(\text{Na}^+) > c(\text{A}^-) > c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ 。② $c(\text{Na}^+) > c(\text{OH}^-) > c(\text{A}^-) > c(\text{H}^+)$;(3) $10^{-b} - 10^{b-14}$;(4) 11:1。

(收稿日期:2016-07-15)