



3 信息型电极方程式的书写

原电池和电解池发生的化学反应一定是氧化还原反应,因为这2种装置是化学能和电能之间的互换装置.在原电池的负极或在电解池的阳极上发生的反应是氧化反应,元素化合价升高,是失去电子过程;而在原电池的正极或在电解池的阴极上发生的反应是还原反应,元素化合价降低,是得到电子过程.

例3 (2014年四川卷第11题(4)) MnO_2 可作超级电容材料.用惰性电极电解 MnSO_4 溶液可制得 MnO_2 ,其阳极的电极反应式是_____.

分析 因为电解池的阳极上发生的是氧化反应,元素化合价升高,失去电子,故方程式为 $\text{Mn}^{2+} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2$,和例2相似,反应物中缺少氧元素,由 H_2O 来补充.所以,该阳极的电极反应式是 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 4\text{H}^+$.

4 信息型方程式的应用

高考命题有时将信息方程式的书写作为一个桥梁,通过信息方程式的书写,才能计算得出正确答案.这种计算的前提条件就是将试题隐藏反应挖掘出来,然后找出关系进行计算.

例4 (2014年四川卷第13题,有修改)向 27.2 g Cu 和 Cu_2O 的混合物中加入某浓度的稀硝酸 0.5 L,固体物质完全反应,生成 NO 和 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$.在所得溶液中加入 $1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液 1.0 L,此时溶液呈中性,金属离子已完全沉淀,沉淀质量为 39.2 g.请计算硝酸的物质的量浓度.

分析 结合题意, Cu 和 Cu_2O 的混合物与稀硝酸发生了2个反应是氧化还原,根据氧化还原反应写出方程式 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, $3\text{Cu}_2\text{O} + 14\text{HNO}_3 = 6\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$.正确地写出方程式,才能继续往下分析,进而解出此题:设 Cu 和 Cu_2O 的物质的量分别为 x 和 y ,有 $64x + 144y = 27.2 \text{ g}$;在根据铜元素与 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 的质量可知关系: $98(x + 2y) = 39.2 \text{ g}$, $x = 0.1 \text{ mol}$, $y = 0.2 \text{ mol}$.根据整体反应可知硝酸的总量为生成 NO 与 NaNO_3 的和,故 $n(\text{HNO}_3) = 0.1 \text{ mol} \times 2/3 + 0.2 \text{ mol} \times 2/3 + 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ L} = 1.2 \text{ mol}$.所以 $c(\text{HNO}_3) = 1.2 \text{ mol} / 0.5 \text{ L} = 2.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

氧化还原反应是高考热点,写出反应物和生成物是基础,通过电子转移时得失电子相等配平是技巧,找准反应中的各种计量关系进一步计算是能力.尽管如此,氧化还原反应的命题一直是起点低,落差小.

(作者单位:江苏省徐州市铜山区郑集高中)



◇ 广东 洪云龙

高三复习“铝及其化合物”时,常常会遇到“等量的铝分别与含相等物质的量溶质的酸溶液、碱溶液反应”这个重要知识点.有些同学对其中蕴含的规律缺乏认识,或者虽知其然但不知其所以然,从而造成解答此类习题时一筹莫展,无从下笔.现就此考点进行充分阐述,以帮助同学们认识规律、应用规律.

1 深入讨论摸清规律

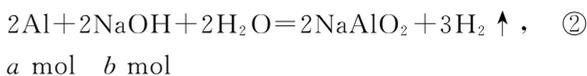
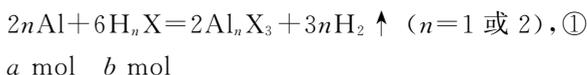
笔者特意设计了以下问题,引导同学深入讨论,将得出的结论提炼成为规律,用来指导解题实践.

问题 取2份物质的量均为 $a \text{ mol}$ 的金属铝,分别与含溶质物质的量均为 $b \text{ mol}$ 的强酸 H_nX ($n=1$ 或 2)、强碱 NaOH 溶液反应.如果不考虑铝与强酸或铝与强碱恰好反应的情况,试分别讨论:

(1) 铝与 H_nX 、 NaOH 溶液的反应存在几种情况?为什么?在这几种情况中,同时满足铝与 H_nX 、铝与氢氧化钠溶液反应的 a 、 b 之间是什么关系?

(2) 铝与 H_nX 反应生成氢气体积和铝与 NaOH 溶液反应生成氢气体积之比又各是多少?

讨论



对于式①,在不需讨论恰好反应前提下, $a \text{ mol Al}$ 与 $b \text{ mol H}_n\text{X}$ 反应只有2种情况:要么铝不足,要么铝过量.

对于式②,在不需讨论恰好反应前提下, $a \text{ mol Al}$ 与 $b \text{ mol NaOH}$ 反应也只有2种情况:要么铝不足,要么铝过量.

同时符合式①、②要求的,理论上共有4种组合,预测出现4种情况,分别是:

第1种情况:铝对于式①中的酸、式②中的碱均不足;

第2种情况:铝对于式①中的酸、式②中的碱均过量;



第3种情况:铝对于式①中的酸过量,但对于式②中的碱不足;

第4种情况:铝对于式①中的酸不足,但对于式②中的碱过量.

现对预测的4种情况逐一详细讨论,看4种组合是否成立, a 、 b 关系以及生成氢气体积比如何.

第1种情况:铝对于式①中的酸、式②中的碱均不足.

a) 讨论是否成立及 a 、 b 关系.

式①中 a 、 b 之间关系:由于Al不足, H_nX 过量,所以有 $\frac{a}{b} < \frac{2n}{6}$,即 $a < \frac{nb}{3}$;

式②中 a 、 b 之间关系:由于Al不足,NaOH过量,所以有 $a < b$.

因为式①中 $a < \frac{nb}{3}$ 和式

②中 $a < b$ 存在交集(图1) $a <$

$\frac{nb}{3}$,即能在 $a < \frac{nb}{3}$ 范围内找到

同时满足式①、②要求的 a 、 b 的值,所以第1种情况会存在.

由上述讨论可知 a 、 b 关系为 $a < \frac{nb}{3}$,亦可变形为

$$\frac{a}{b} < \frac{n}{3}.$$

b) 讨论生成氢气体积比.

式①中生成 H_2 的物质的量:由于Al不足,故用 a 来求 H_2 的物质的量为 $\frac{3a}{2}$ mol;

式②中生成 H_2 的物质的量:由于Al不足,故用 a 来求 H_2 的物质的量为 $\frac{3a}{2}$ mol.

故①、②两式中生成氢气的体积比为

$$\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{3a/2}{3a/2} = \frac{1}{1}.$$

由此得出结论:Al对于酸、碱均不足时,

$$\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{1}{1} \text{ 或 } \frac{a}{b} < \frac{n}{3}.$$

此结论是可逆互推的.在等量的铝分别与含相等物质的量溶质的酸溶液、碱溶液反应中,如果Al对于酸、碱均不足,则必定存在 $\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{1}{1}$ 或 $\frac{a}{b} < \frac{n}{3}$ 的关系;反过来,如果存在 $\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{1}{1}$ 或 $\frac{a}{b} < \frac{n}{3}$ 关系,则此反应必定属于Al对于酸、碱均不足情况.

第2种情况:铝对于式①中的酸、式②中的碱均过量.

a) 讨论是否成立及 a 、 b 关系.

式①中 a 、 b 之间关系:由于Al过量, H_nX 不足,所以有 $\frac{a}{b} > \frac{2n}{6}$,即 $a > \frac{nb}{3}$;

式②中 a 、 b 之间关系:由于Al过量,NaOH不足,所以有 $a > b$.

因为式①中 $a > \frac{nb}{3}$ 和式②中 $a > b$ 存在交集,为 $a > b$,即能在 $a > b$ 范围内找到同时满足式①、②要求的 a 、 b 的值,所以第2种情况会存在.

由上述分析可以知道 a 、 b 关系为 $a > b$,亦可变形为 $\frac{a}{b} > \frac{1}{1}$.

b) 讨论生成氢气体积比.

式①中生成 H_2 的物质的量:由于 H_nX 不足,故用 b 来求 H_2 的物质的量为 $\frac{nb}{2}$ mol;

式②中生成 H_2 的物质的量:由于NaOH不足,故用 b 来求 H_2 的物质的量为 $\frac{3b}{2}$ mol.

故式①、②中生成氢气的体积比为

$$\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{nb/2}{3b/2} = \frac{n}{3},$$

由此得出结论:Al对于酸、碱均过量时,

$$\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{n}{3} \text{ 或 } \frac{a}{b} > \frac{1}{1}$$

第3种情况:铝对于式①中酸过量,但对于式②中碱不足.

a) 讨论是否成立及 a 、 b 关系.

式①中 a 、 b 之间关系:由于Al过量, H_nX 不足,所以有 $\frac{a}{b} > \frac{2n}{6}$,即 $a > \frac{nb}{3}$;

式②中 a 、 b 之间关系:由于Al不足,NaOH过量,所以有 $a < b$.

因为式① $a > \frac{nb}{3}$ 和式② $a < b$ 存在交集,为 $\frac{nb}{3} < a < b$,即能在 $\frac{nb}{3} < a < b$ 范围内找到同时满足式①、②要求的 a 、 b 的值,所以第3种情况会存在.

由上述分析可知 a 、 b 关系为 $\frac{nb}{3} < a < b$,亦可变形为 $\frac{n}{3} < \frac{a}{b} < \frac{1}{1}$.

b) 讨论生成氢气体积比.

式①中生成 H_2 的物质的量:由于 H_nX 不足,故用 b 来求 H_2 的物质的量为 $\frac{nb}{2}$ mol;

式②中生成 H_2 的物质的量:由于Al不足,故用

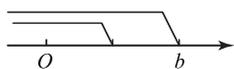


图1



a 来求 H_2 的物质的量为 $\frac{3a}{2}$ mol.

故式①、②中生成氢气的体积比为

$$\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{nb/2}{3a/2} = \frac{nb}{3a}$$

我们来讨论 $\frac{nb}{3a}$ 的取值范围.

利用得到的 $\frac{nb}{3} < a < b$ 中的 $\frac{nb}{3} < a$, 两边同时除以

a , 得 $\frac{nb}{3a} < \frac{1}{1}$; 再利用 $\frac{nb}{3} < a < b$ 中的 $a < b$, 先变换成

$\frac{1}{a} > \frac{1}{b}$, 然后不等式两边同时乘以 $\frac{nb}{3}$, 得 $\frac{nb}{3a} > \frac{n}{3}$.

综合起来, 得 $\frac{n}{3} < \frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{nb}{3a} < \frac{1}{1}$.

由此得出结论: 铝对于酸过量但对于碱不足时,

$$\frac{n}{3} < \frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} < \frac{1}{1} \text{ 或 } \frac{n}{3} < \frac{a}{b} < \frac{1}{1}$$

可以看出, 在铝对于酸过量, 但对于碱不足的情况下, 生成 H_2 的体积比刚好介于第 1 种、第 2 种情况生成 H_2 体积比之间, 而 $\frac{a}{b}$ 亦介于第 1 种、第 2 种情况比值范围之间.

第 4 种情况: 铝对式①中的酸不足, 但对式②中的碱过量.

a) 讨论是否成立.

式①中 a, b 之间关系: 由于 Al 不足, H_nX 过量,

所以有 $\frac{a}{b} < \frac{2n}{6}$, 即 $a < \frac{nb}{3}$;

式②中 a, b 之间关系: 由于 Al 过量, NaOH 不足, 所以有 $a > b$.

因为式① $a < \frac{nb}{3}$ 和式②

$a > b$ 没有交集(图 2), 即不能在某取值范围内找到同时满足式①、②要求的 a, b 的值, 所以第 4 种情况绝不会存在.

当然, 如果还考虑铝与强酸或强碱恰好反应的情形, 则远不止上面几种情况. 例如当 $\frac{a}{b} = \frac{n}{3}$ 和 $\frac{a}{b} = \frac{1}{1}$ 时, 会分别出现铝与酸恰好反应, 但对于碱不足以及铝对于酸过量, 但与碱恰好反应的情况. 但此 2 种情况在解题中应用不多, 本文不详加讨论.

根据以上讨论, 将相关结论综合起来, 可以得出以下规律.

规律 1 等量的铝分别与含相等物质的量溶质的酸、碱溶液反应, 在不考虑恰好反应前提下, 只能有 3

种反应情况:

第 1 种情况: 铝对于酸、碱均不足;

第 2 种情况: 铝对于酸、碱均过量;

第 3 种情况: 铝对于酸过量, 但对于碱不足.

不存在第 4 种情况: 铝对于酸不足, 但对于碱过量.

我们可以用数轴将反应情况直观地表示出来(图 3), 以利于更好地理解规律.

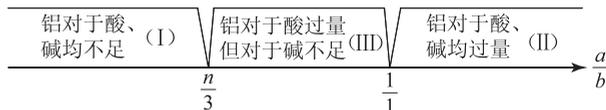


图 3

当 $\frac{a}{b} < \frac{n}{3}$ 时, 处于数轴 (I) 区间内, 属于铝对于酸、碱均不足情况; 当 $\frac{a}{b} > \frac{1}{1}$ 时, 处于 (II) 区间内, 属于铝对于酸、碱均过量情况; 当 $\frac{n}{3} < \frac{a}{b} < \frac{1}{1}$ 时, 处于中间区间 (III) 内, 属于铝对于酸过量, 但对于碱不足情况. 若考虑恰好反应情形, 那么在数轴上当 $\frac{a}{b} = \frac{n}{3}$ 和 $\frac{a}{b} = \frac{1}{1}$ 时, 应分别属于铝与酸恰好, 但对于碱不足以及铝对于酸过量, 但与碱恰好情况.

规律 2 上述 3 种反应情况与 $\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)}$ 或 $\frac{a}{b}$ 比值之间存在可逆互推关系, 即由生成 H_2 的体积比或 $\frac{a}{b}$ 可推知属于哪种反应情况; 反过来由某种反应情况亦可推出生成氢气体积比或 $\frac{a}{b}$. 具体为:

互推 1 $\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{1}{1}$ 或 $\frac{a}{b} < \frac{n}{3} \Leftrightarrow$ Al 对于酸、碱均不足.

互推 2 $\frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} = \frac{n}{3}$ 或 $\frac{a}{b} > \frac{1}{1} \Leftrightarrow$ Al 对于酸、碱均过量.

互推 3 $\frac{n}{3} < \frac{V_{\text{酸}}(H_2)}{V_{\text{碱}}(H_2)} < \frac{1}{1}$ 或 $\frac{n}{3} < \frac{a}{b} < \frac{1}{1} \Leftrightarrow$ 铝对于酸过量但对于碱不足 (H_2 体积比、 $\frac{a}{b}$ 均介于第 1、第 2 种情况之间).

2 迁移应用指导解题

我们可以将这些规律迁移应用到解题实践中.

例 1 等体积、等物质的量浓度的 H_2SO_4 、NaOH 溶液分别放在甲、乙 2 个烧杯中, 各加入等物

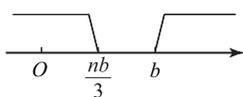


图 2



质的量的铝,生成 H_2 体积比为 5:6,则甲、乙两烧杯中反应情况可能分别是()。

- A 甲、乙中都是铝过量;
B 甲中铝过量,乙中碱过量;
C 甲中酸过量,乙中铝过量;
D 甲中酸过量,乙中碱过量

解析 在等量的铝分别与含相等物质的量溶质的酸、碱溶液反应中,根据规律 1,知道只有 3 种反应情况,不存在第 4 种情况铝对于酸不足,但对于碱过量,从而迅速排除答案 C. 第 1 种反应情况生成 H_2 的体积比是 $\frac{1}{1}$,第 2 种反应情况生成 H_2 的体积比是 $\frac{2}{3}$ (因为 H_2SO_4 是二元酸, n 取值为 2,故 $\frac{n}{3} = \frac{2}{3}$).

此题中生成 H_2 体积比为 5:6,刚好介于 $\frac{2}{3}$ 与 $\frac{1}{1}$ 之间,即介于第 1 种、第 2 种情况生成 H_2 的体积比之间,根据互推 3 知应为第 3 种情况,即铝对于酸过量,但对于碱不足,即甲中铝过量,乙中碱过量,故答案为 B.

例 2 等物质的量的铝分别与等体积、等物质的量浓度的 H_2SO_4 、 $NaOH$ 溶液反应. 已知铝与酸、碱溶液中的溶质的物质的量之比是 3:4,则酸、碱溶液中生成 H_2 体积比是_____.

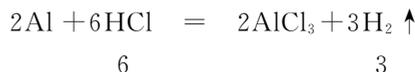
解析 H_2SO_4 是二元酸, n 取值为 2, $\frac{n}{3} = \frac{2}{3}$,因为铝与酸、碱物质的量之比是 3:4,即 $\frac{a}{b} = \frac{3}{4}$, $\frac{3}{4}$ 刚好介于 $\frac{2}{3}$ 与 $\frac{1}{1}$ 之间,即 $\frac{n}{3} < \frac{a}{b} = \frac{3}{4} < \frac{1}{1}$,根据互推 3 知应属于第 3 种情况铝对于酸过量,但对于碱不足. 若设铝物质的量是 $3x$ mol,那么酸、碱物质的量应为 $4x$ mol. 在 $2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2 \uparrow$ 中,由于铝过量而酸不足,可用 $4x$ mol 求出生成 H_2 物质的量为 $4x$ mol; 在 $2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2 \uparrow$ 中,由于铝不足而碱过量,可用 $3x$ mol 求出生成 H_2 物质的量为 $4.5x$ mol,则酸、碱溶液中生成 H_2 体积比: $\frac{4x}{4.5x} = \frac{8}{9}$. 答案为 8:9.

例 3 甲、乙两烧杯中各盛有 100 mL $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和 $NaOH$ 溶液,向两烧杯中分别加入等质量的铝粉,反应结束后,测得生成 H_2 体积比 $V_{\text{甲}}:V_{\text{乙}} = 1:2$,则加入铝粉质量是()。

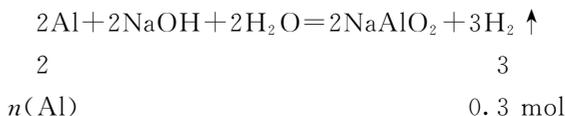
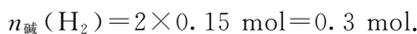
- A 5.4 g; B 3.6 g;
C 2.7 g; D 1.8 g

解析 第 1 种情况生成 H_2 体积比是 $\frac{1}{1}$,第 2 种情

况生成 H_2 体积比是 $\frac{1}{3}$ (因为 HCl 是一元酸, n 取值为 1,故 $\frac{n}{3} = \frac{1}{3}$),现生成 H_2 体积比为 $V_{\text{甲}}:V_{\text{乙}} = 1:2$,刚好介于 $\frac{1}{3}$ 与 $\frac{1}{1}$ 之间,由互推 3 可知属于第 3 种情况,即铝对于酸过量,但对于碱不足.



因为铝对于酸过量,所以盐酸不足,可用 $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L}$ 求酸中生成 H_2 物质的量: $n_{\text{酸}}(H_2) = \frac{3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1 \text{ L} \times 3}{6} = 0.15 \text{ mol}$. 根据 H_2 体积比为 $V_{\text{甲}}:V_{\text{乙}} = 1:2$,求出碱中生成 H_2 物质的量:



因为铝对于碱不足,所以铝全部反应,其质量就是加入铝粉的质量.

$$n(\text{Al}) = \frac{0.3 \text{ mol} \times 2}{3} = 0.2 \text{ mol}.$$

所以 $m(\text{Al}) = 0.2 \text{ mol} \times 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 5.4 \text{ g}$, 答案为 A.

在平时学习中,我们要善于发现规律、总结规律,善于迁移应用,只有这样才能举一反三、触类旁通.

链接练习

甲、乙两烧杯中各盛有等体积、等物质的量浓度的盐酸、 $NaOH$ 溶液,向两烧杯中分别加入等质量的铝粉,反应结束后,测得甲烧杯中生成的 H_2 在标准状况下体积是 4 480 mL,乙烧杯中生成的 H_2 在标准状况下体积是 11 200 mL. 问:

(1) 加入的铝粉的质量是_____ g; 盐酸、 $NaOH$ 溶液中溶质的物质的量是_____ mol.

(2) 将反应结束后的两烧杯溶液(若有铝粉剩余须先将铝粉过滤出来)充分混合,将产生白色沉淀,用离子方程式表示为_____ ; 过滤、洗涤、干燥后将得沉淀_____ g.

链接练习参考答案

(1) 9, 0.4;

(2) $Al^{3+} + 3OH^- = Al(OH)_3 \downarrow$,

$Al^{3+} + 3AlO_2^- + 6H_2O = 4Al(OH)_3 \downarrow$, 36.4.

(作者单位:广东省雷州市第三中学)