

化学计算常用方法点拨

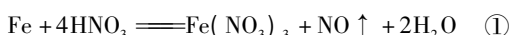
北京市昌平区回龙观龙回苑3-4-502 (100085) 陈铁强

一、关系式法

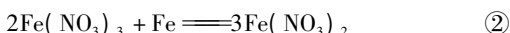
例1 在含有 a g HNO_3 的稀硝酸溶液中加入 b g 铁粉(铁粉过量),已知在反应中有 $1/4\text{HNO}_3$ 被还原成 NO 则 $a:b$ 可能是 ().

- A. 2:1 B. 3:1 C. 4:1 D. 9:2

解析 少量铁粉跟稀硝酸反应:



过量的铁粉可以跟 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 反应:



将① $\times 2$ + ② 即得反应关系式:



③式中有 $1/4\text{HNO}_3$ 被还原,符合题意.按此关系式可列式: $a:b = 504:168 = 3:1$ 故选 B.

点拨 对于多步进行的连续反应,尽管每一步反应都是各自独立的(反应条件和设备可能不同),但前一个反应的产物是后一个反应的反应物,可根据中间产物的传递关系,找出原料和最终产物的关系式.由关系式进行计算带来很大的方便,并且可以保证计算结果的准确性.

二、守恒法

例2 将一定量的铁粉完全溶于过量盐酸中,然后通入 112 mL Cl_2 (标准状况),再加入 2.94 g 重铬酸钾($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 固体,恰好使溶液中的 Fe^{2+} 全部转化为 Fe^{3+} ,而 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 被还原为 Cr^{3+} 离子,则原铁

粉的物质的量为 ().

- A. 0.04 mol B. 0.03 mol
C. 0.07 mol D. 0.01 mol

解析 从题中可以看出,铁粉转化为 Fe^{2+} ,用了两种氧化剂,其电子得失情况分别为: ① $\text{Fe}^{2+} - 1e^- \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ ② $\text{Cl}_2 + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$ ③ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6e^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}$ 根据氧化剂得到的电子总数 = 还原剂所失电子总数,则有:

$$\frac{112 \times 10^{-3}}{22.4} \times 2 + \frac{2.94}{294} \times 6 = x \times 1,$$

$x = 0.07(\text{mol})$. 答案: C.

例3 将 Na_2SO_4 、 AlCl_3 、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶于水制得一混合溶液,测得 $c(\text{Na}^+) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Cl}^-) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Al}^{3+}) = 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 是 ().

- A. 0.4 mol B. 0.6 mol
C. 1.0 mol D. 1.2 mol

解析 设 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 为 $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,根据物质的电中性原理,运用电解质溶液中所有阴离子所带负电荷总数等于所有阳离子所带正电荷总数,则有:

$$c(\text{Na}^+) + 3c(\text{Al}^{3+}) = c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-}), \text{即}$$

$$0.2 \times 1 + 0.8 \times 3 = 0.6 \times 1 + 2x, x = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}. \text{答案: C.}$$

► 皿上,用玻璃棒蘸取少量待测液点在试纸上,再与标准比色卡对照.

C. 将一小条试纸在待测液中蘸一下,取出后放在表面皿上,与标准比色卡对照.

D. 将一小条试纸先用蒸馏水润湿后,在待测液中蘸一下,取出后与标准比色卡对照.

本题陷阱 “实验基本操作”

分析 该题是一道实验基本操作题,看似容易作答,学生感到很亢奋,但却出错率比较高,其原因是,学生在平时的学习中很少做实验或做实验时,马马虎虎敷衍了事,不关注细节,不能严格按照实验操作的步骤进行,没有养成良好的科学态度,而落入题设的陷阱之中.正确的操作应该是:将一小块干燥

的试纸放在玻璃片或表面皿上,用玻璃棒蘸取少量待测液点到试纸上,再将 pH 试纸与标准比色卡对照.

正确答案应为 A.

策略 学生在平时的学习中,如果不做实验,只是教师“说实验”,学生“看实验”“背实验”“记结论”来应付考试,很难会注意到实验中的细节问题.能否处理好实验细节问题与平时的实验训练以及长期训练后积累的实验经验有着一定的联系.因此,平时学生在做实验,要养成良好的科学态度,感受、体验实验的每一个细节问题,这样实验操作能力才会得到相应的提高.

(收稿日期:2014-02-20)

点拨 守恒法包括的面很广,有:原子(或离子)守恒、质量守恒(根据质量守恒定律)、电子得失守恒(根据氧化剂得到的电子总数=还原剂所失电子总数)、电荷守恒(根据阴离子所带负电荷总数等于阳离子所带正电荷总数)等,如能熟练运用守恒法解题,定会收到事半功倍的效果.

三、差量法

例4 在1 L 2mol/L的稀硝酸溶液中加入一定量的铜粉,充分反应后溶液的质量增加了13.2 g,问:

- (1) 加入的铜粉是多少克?
- (2) 理论上可产生NO气体多少升?(标准状况)

解析 硝酸是过量的,不能用硝酸的量来求解. 设加入的铜粉质量为 x , 生成的NO质量为 y

$$3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O} \quad \Delta m$$

192		60	192 - 60 = 132 g	
			(理论差量)	
x		y	13.2 g(实际差量)	

$192/x = 132/13.2 \quad 60/y = 132/13.2$
 解得(1) $x = 19.2 \text{ g}$; (2) $y = 6 \text{ g} \quad 6/30 = 0.2 \text{ mol} = 4.48 \text{ L}$ 即加入的铜粉是19.2克,产生NO气体理论值为4.48升.

例5 10 mL某气态烃在80 mL氧气中完全燃烧后,恢复到原来状况($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 27°C)时,测得气体体积为70 mL,求此烃的分子式.

解析 原混和气体总体积为90 mL,反应后为70 mL,体积减少了20 mL. 剩余气体应该是生成的二氧化碳和过量的氧气,下面可以利用烃的燃烧通式进行有关计算.

$$\text{C}_x\text{H}_y + (x + \frac{1}{4}y)\text{O}_2 \longrightarrow x\text{CO}_2 + \frac{y}{2}\text{H}_2\text{O} \quad \Delta V$$

1			1 + y/4	
10			20	
$\frac{1}{10} = \frac{1 + y/4}{90 - 70}$				

解得 $y = 4$
 即烃的分子式为 C_3H_4 或 C_2H_4 或 CH_4 .

点拨 差量法是依据化学反应前后的某些“差量”(固体质量差、溶液质量差、气体体积差、气体物质的量之差等)与反应物或生成物的变化量成正比而建立的一种解题法. 此法将“差量”看作化学方程式右端的一项,将已知差量(实际差量)与化学方程式中的对应差量(理论差量)列成比例. 用差量法解题的关键是正确找出理论差量.

四、平均值法

例6 今有两种金属混合物粉末共重20.75 g投入足量的盐酸中,待反应完毕后得11.2 L氢气(标准状况),混合物的可能组成是().

- ①Zn和Cu ②Zn和Ca ③Zn和Fe
- ④Mg和Fe ⑤Mg和Ba
- A. ①和④ B. ②和④
- C. ④和⑤ D. ①②和④

答案: D
 解析 反应的通式为: $R + 2\text{H}^+ \longrightarrow R^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$
 $n(\text{R}) = n(\text{H}_2) = \frac{11.2 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.5 \text{ mol}$,
 $M(\text{平均}) = 20.75/0.5 = 41.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

平均摩尔质量大于一种金属原子的摩尔质量,而小于另一种金属原子的摩尔质量. 上述供选答案中②④符合此条件,①单看金属原子的摩尔质量均大于41.5,而Cu不与盐酸反应,但它占一定质量,也符合题意,故此题应选D.

点拨 平均值法是一种将数学平均原理应用于化学计算的解题方法. 取两个数 x_1 和 x_2 ($x_1 > x_2$) 的算数平均值一定介于二者之间. 所以只要求出平均值就可以判断 x_1 和 x_2 的取值范围. 再结合题给条件可迅速求出答案.

五、增量相等法

例7 天平两盘中,放入质量相等的两个烧杯,烧杯中盛等量稀盐酸. 向两个烧杯中分别加入 $a \text{ g}$ 镁粉和 $b \text{ g}$ 铝粉,充分反应后天平仍平衡,则 a 和 b 可能分别是().

- A. 24 27 B. 32 33 C. 33 32 D. 27 24

解析 加入镁粉和铝粉的质量不相等,充分反应时放出的氢气的质量也不相等,但反应后天平仍平衡,这就只能是金属与酸充分反应后,两个烧杯增加的质量相等. 据此根据有关化学方程式可列式计算: $a - \frac{a}{24} \times 2 = b - \frac{b}{27} \times 3$ 解得 $a = 96 \quad b = 99$, 即32和33. 答案: B.

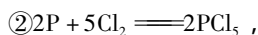
点拨 要保持反应后天平仍平衡,就必须使反应后两个烧杯增加的质量相等.

六、综合分析法

例8 红磷在氯气中燃烧,若P与 Cl_2 按物质的量之比为1:1.8,充分反应后,生成物中 PCl_3 与 PCl_5 的物质的量之比为().

- A. 3:7 B. 5:9 C. 7:3 D. 9:5

解析 此题涉及两个反应方程式:
 ① $2\text{P} + 3\text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{PCl}_3$



我们可以把这两个反应方程式综合成一个化学方程式:



题给 $a:b=1:1.8=10:18$ 将 $a、b$ 换成 10 与 18. 则成: $10\text{P} + 18\text{Cl}_2 \rightleftharpoons c\text{PCl}_3 + d\text{PCl}_5$ 用观察法, 不难看出: $c=7, d=3$ 答案为 C.

点拨 从整体出发做综合分析, 整体处理, 比如寻找总化学方程式, 总关系式.

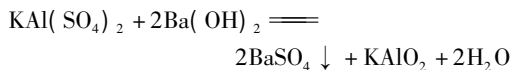
七、讨论法(又称推导法)

例9 向含 $n \text{ mol}$ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ 的溶液中加入 $m \text{ mol}$ 的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液, 反应完成后, 生成沉淀的物质的量是() (n 和 m 均为 1-8 的正整数)

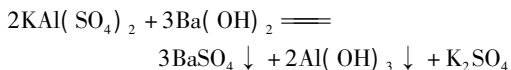
- ①2 mol ②5 mol
③2 mol 或 5 mol ④2 mol、5 mol 或 8 mol
A. ① B. ② C. ③ D. ④

解析 因为 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 是两性氢氧化物, 若 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 过量时, 会将 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶解. 又因 $n、m$ 是 1-8 的正整数, 这样, 就有下列三种情况:

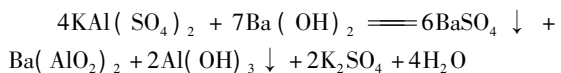
(1) 当 $n:m=1:2$ 时, $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ 过量}]$, 反应为:



(2) 当 $n:m=2:3$ 时, $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ 不过量}]$, 反应为:



(3) 当 $n:m=4:7$ 时, $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \text{ 稍过量}]$ 则反应为:



若按 (1) 则沉淀为 2 mol BaSO_4 ;
若按 (2) 则沉淀为 3 mol BaSO_4 和 2 mol $\text{Al}(\text{OH})_3$, 共 5 mol
若按 (3) 则沉淀为 6 mol BaSO_4 和 2 mol $\text{Al}(\text{OH})_3$, 共 8 mol, 所以正确答案为 D.

点拨 有些计算题需要通过讨论才能得出答案. 讨论法解释先假定某一结论是正确的, 但这一结论与某些计算结果相违背, 则需另寻后来的结论.

八、不定方程讨论法

例10 已知 2 mol 某气态烷和 3 mol 某气态烯混合物的质量是 172 g, 则某烷和某烯可能是().

- A. $\text{CH}_4, \text{C}_4\text{H}_8$ B. $\text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_3\text{H}_6$
C. $\text{C}_3\text{H}_8, \text{C}_2\text{H}_4$ D. $\text{C}_4\text{H}_{10}, \text{C}_2\text{H}_4$

解析 设某烷的分子式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, 其分子量为 $14n+2$, 某烯的分子式为 C_mH_{2m} , 其分子量为 $14m$ (因为不知烷与烯的碳原子数是否相同, 不能都用一个未知数表示).

根据 $nM=m$ 则有 $2 \times (14n+2) + 3 \times 14m = 172$, 化简为 $2n+3m=12$, 根据气态烃的碳原子数 ≤ 4 , 又 $n、m$ 均为 1~4 的正整数进行讨论, 若 $n=1, n=2, n=4$ 时, 则 m 均不为正整数, 只有 $n=3, m=2$ 成立. 即 $\text{C}_3\text{H}_8, \text{C}_2\text{H}_4$ 应选 C.

点拨 有些计算题需要设两个未知数, 但只能列出一个方程, 即得到的是不定方程, 而所设两个未知数, 有一定的取值范围, 即可通过假设进行讨论, 最后得出合理的答案.

九、极值法(又称极端假设法)

例11 7.36 g CaCO_3 和 MgCO_3 的混合物与足量盐酸反应, 产生的气体全部被 600 mL $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液所吸收, 在低温、减压条件下把该溶液蒸干, 得 7.60 g 固体, 求原混合物中 CaCO_3 和 MgCO_3 的质量.

解析 假设生成的 CO_2 适量, 所得固体全部为 Na_2CO_3 , 则有:

$$\frac{0.6 \times 0.2}{2} \times 106 = 6.36(\text{g})$$

假设生成的 CO_2 过量, 所得固体全部为 NaHCO_3 , 应有:

$$0.6 \times 0.2 \times 84 = 10.8(\text{g})$$

现题给固体的质量为 7.60 g, 介于上面两极值之间, 固体物质应为 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 的混合物.

设原有 $\text{CaCO}_3, x \text{ mol}$, $\text{MgCO}_3, y \text{ mol}$, 由它们生成的 CO_2 为 $(x+y) \text{ mol}$; 另由 $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{NaHCO}_3$ 可知 CO_2 是 NaOH 的 $2/3$.

由此可列方程组:

$$100x + 84y = 7.36 \tag{1}$$

$$x + y = (0.6 \times 0.2) \times \frac{2}{3} \tag{2}$$

解此方程组得 $x=y=0.04 \text{ mol}$
则: $m(\text{CaCO}_3) = 0.04 \times 100 = 4(\text{g})$, $m(\text{MgCO}_3) = 0.04 \times 84 = 3.36(\text{g})$

点拨 极值法就是从某种极限状态出发, 进行分析、推理、判断的一种思维方法. 一般做法是先根据边界条件(极值), 确定答案的可能取值范围, 然后再结合题给条件确定答案或将混合物假设为纯净物再进行分析比较等.