

# 分析化学计算题的常用方法与技巧

浙江省乐清市第二中学 方承利 (325600)

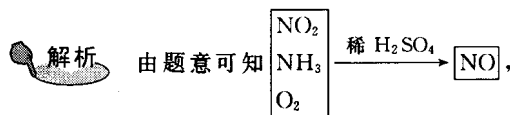
解答化学计算题时,除掌握常规的解题思路外,还应在此基础上掌握几种常用的解题技巧。这些技巧包括守恒法、差量法、平均值法、十字交叉法、极值法、转换法、估算法等。

## 一、守恒法

守恒法解题,就是抓住物质变化的起始态和终止态,忽略中间过程,利用其中不变量(如质量守恒,原子守恒,氧化还原反应中得失电子守恒,溶液中阴阳离子的正负电荷守恒等)建立关系式,从而简化思路,快速解题。

### 1. 质量守恒。

**例1** 在标准状况下,将  $\text{NO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{O}_2$  的混合气体 26.88 L 通过足量的稀硫酸后,溶液质量增加 45.75 g,气体体积缩小为 2.24 L。将带火星的木条插入其中,木条不复燃。求原混合气体的平均相对分子质量。



已知混合气体在标准状况下的总体积为 26.88 L,即混合气体的物质的量为 1.2 mol。要求得混合气体的平均相对分子质量,必须知道混合气体的总质量。利用质量守恒:混合气体总质量等于硫酸溶液增加的质量与逸出气体(NO)的质量之和。问题就可以速解。

$$\bar{M}_r = \frac{45.75 + 0.1 \times 30}{\frac{26.88}{22.4}} = 40.6。$$

### 2. 电荷守恒。

**例2** 25℃时,将等体积的盐酸与氨水混合后,若混合液中  $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-)$ ,则溶液的 pH 为( )。

- A. 大于 7    B. 小于 7    C. 等于 7    D. 无法确定

**解析** 因溶液呈电中性,依据电荷守恒可得出下列关系:

$$c(\text{NH}_4^+) + c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{Cl}^-)。$$

已知  $c(\text{NH}_4^+) = c(\text{Cl}^-)$ ,所以  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-)$ ,溶液呈中性。故答案为 C。

### 3. 得失电子守恒。

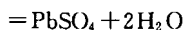
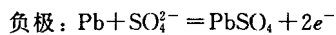
氧化还原反应的本质是电子得失或偏移。在一个氧化还原反应里,氧化剂得到的电子总数等于还原剂失去的电子总数。原电池(或电解池)实际上就是发生氧化还原反应,因此,在同一时间内,正极(或阴极)上粒子得电子数目等于负极(或阳极)上失去电子数目。电子守恒法就是依据这种等量关系来解题的。

**例3**  $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$  在一定条件下可以把  $\text{Mn}^{2+}$  氧化成  $\text{MnO}_4^-$  反应后  $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$  变为  $\text{RO}_4^{2-}$ ; 又知反应中氧化剂与还原剂的物质的量之比为 5:2,则  $n$  值为\_\_\_\_\_。

**解析** 氧化剂  $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$  中 R 由  $(\frac{16-n}{2})$  价降到 +6 价,即 1 mol  $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$  得到电子为  $2(\frac{16-n}{2}-6)$  mol。还原剂  $\text{Mn}^{2+}$  由 +2 价升到 +7 价,即 1 mol  $\text{Mn}^{2+}$  失去 5 mol 电子。由得失电子守恒和题给条件可得:

$$2(\frac{16-n}{2}-6) \times 5 = 5 \times 2, \text{ 解得 } n=2。$$

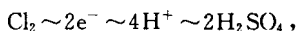
**例4** 实验室用铅蓄电池作电源电解饱和食盐水制取氯气。已知铅蓄电池放电时发生如下反应:



今若制得 0.050 mol  $\text{Cl}_2$ ,这时电池内消耗的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量至少是( )。

- A. 0.025 mol    B. 0.050 mol  
C. 0.10 mol    D. 0.20 mol

**解析** 根据原电池与电解池中各极流过(或各极粒子得失)电子数目相等,抓住电池内  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的消耗实质上是  $\text{H}^+$  的消耗这一关键,找出关系式:



制得 0.050 mol  $\text{Cl}_2$  需消耗  $2 \times 0.050$  mol 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。故答案为 C。

### 4. 原子守恒。

参加化学反应的物质,在反应前后其原子必守

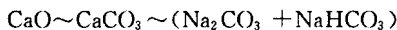


恒,以此来确定关系式进行求解。

**例5** 将 12.4 g 碱石灰制成溶液,加入 13.7 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$ , 反应后得沉淀 15 g, 经测定, 反应后的溶液中不含  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 。求:

- (1)  $\text{CaO}$  和  $\text{NaOH}$  各多少克?
- (2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  各多少克?

**解析** 由题意可知:  $\text{CaO}$  和  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  均全部转化为  $\text{CaCO}_3$  沉淀, 根据  $\text{Ca}$  原子和  $\text{C}$  原子两种原子的守恒关系, 可得下列关系式:



$$\begin{array}{ccc} 56 \text{ g} & 100 \text{ g} & 1 \text{ mol} \\ x & 15 \text{ g} & y \end{array}$$

解得  $x=8.4 \text{ g}$ ,  $y=0.15 \text{ mol}$ 。

又设  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{NaHCO}_3$  的物质的量分别为  $a \text{ mol}$ 、 $b \text{ mol}$ , 则

$$\begin{cases} a+b=0.15 \\ 106a+84b=13.7 \end{cases}, \text{解之得} \begin{cases} a=0.05 \\ b=0.01 \end{cases}$$

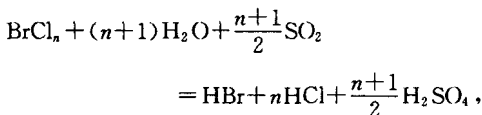
- ∴ (1)  $m(\text{CaO})=8.4 \text{ g}$ ,  
 $m(\text{NaOH})=12.4 \text{ g}-8.4 \text{ g}=4.0 \text{ g}$ 。  
 (2)  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3)=0.05 \times 106=5.3 \text{ (g)}$ 。  
 $m(\text{NaHCO}_3)=0.01 \times 84=0.84 \text{ (g)}$ 。

### 二、差量法

差量法是根据化学反应前后物质质量的变化, 找出“理论差量”, 把“理论差量”与已知的差量(实际差量)列成相应的比例关系求解的方法。“理论差量”包括: 质量、物质的量, 气态物质的体积、压强, 反应过程中的热量等。

#### 1. 质量差。

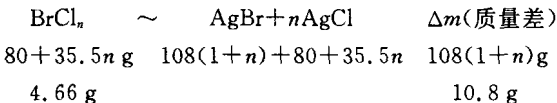
**例6** 将 4.66 g 卤素互化物  $\text{BrCl}_n$  溶于水中, 通入过量  $\text{SO}_2$ , 反应的化学方程式为:



然后向生成的溶液中加入过量的  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  溶液, 过滤掉沉淀物, 将滤液用过量的  $\text{AgNO}_3$  溶液处理, 得到 15.46 g 沉淀, 则  $n$  值为( )。

- A. 1      B. 2      C. 3      D. 4

**解析** 15.46 g 是  $\text{AgBr}$  和  $\text{AgCl}$  的混合物质量, 它是由 4.66 g  $\text{BrCl}_n$  转化过来的。题给差量为  $15.46 \text{ g}-4.66 \text{ g}=10.8 \text{ g}$ , 再找出理论差量的关系:



$$\frac{80 + 35.5n}{4.66} = \frac{108(1+n)}{10.8}, \text{解之得 } n=3.$$

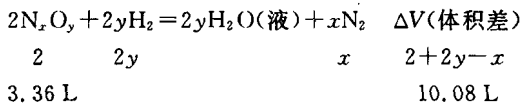
故答案为 C。

#### 2. 体积差量。

**例7** 将 3.36 L 氮的某气态氧化物与过量的氢气混合, 在一定条件下使之反应, 生成液态水及无公害的气体。恢复到原来的状况, 反应后的气体体积比反应前的气体体积缩小了 10.08 L, 则原氮的氧化物的化学式为( )。

- A.  $\text{N}_2\text{O}$       B.  $\text{NO}$       C.  $\text{N}_2\text{O}_3$       D.  $\text{NO}_2$

**解析** 由题意可判断出生成物的气体为  $\text{N}_2$ 。利用体积差量计算, 设某氮的氧化物化学式为  $\text{N}_2\text{O}_y$ , 则有:



$$2 : 3.36 = (2+2y-x) : 10.08,$$

解之得  $2y-x=4$ 。

用选项代入上式验算可知, 只有  $\text{N}_2\text{O}_3$  符合题意, 故答案为 C。

### 三、平均值法

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。它的特点是“抓中间, 定两边”, 即有两个数  $M_1$  和  $M_2$  ( $M_2 > M_1$ ), 若已知其算术平均值  $\bar{M}$ , 则有  $M_1 < \bar{M} < M_2$ 。平均值法适用于分析判断有关混合物的化学组成。一般思路是先求出有关混合物的平均值, 然后判断混合物的可能组成。所求的平均值通常是指平均相对分子质量(或摩尔质量)、平均相对原子质量、平均化学式、平均原子个数等。

**例8** 一定条件下, A、B、C 三种炔烃组成的混合气体 4 g, 在催化剂条件下与足量氢气加成得到 4.4 g 对应的三种烷烃, 则其中必有一种烷烃为( )。

- A. 戊烷      B. 丁烷      C. 丙烷      D. 乙烷

**解析** 由炔烃  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  可知, 参加反应的  $\text{H}_2$  为 0.4 g, 即 0.2 mol, 生成的烷烃为 0.1 mol。所以, 烷烃的  $\bar{M}_r = \frac{4.4}{0.1} = 44$ 。由选项知戊烷  $M_r=72$ 、丁烷  $M_r=58$ 、丙烷  $M_r=44$ , 而  $\bar{M}_r=44$ , 故必有  $M_r < 44$ , 故答案为 D。

**例9** 由锌、铁、铝、镁四种金属中的两种组成的混合物 10 g, 与足量的盐酸反应, 产生的氢气在标准状况下为 11.2 L, 则混合物中一定含有的金属是( )。

- A. 锌      B. 铁      C. 铝      D. 镁

**解析** 虽然四种金属与足量的酸反应产生 1 mol  $H_2$  所需的金属质量不同,但它们的共同特点是都必须失去 2 mol 电子。因此应从金属质量与电子的关系入手,即摩尔电子质量(金属失去 1 mol 电子所对应的质量。单位:  $g/mol \cdot e^-$ )。如:

$$\text{锌的摩尔电子质量为 } \frac{65}{2} = 32.5 \text{ g/mol} \cdot e^-;$$

$$\text{铁的摩尔电子质量为 } \frac{56}{2} = 28 \text{ g/mol} \cdot e^-;$$

$$\text{铝的摩尔电子质量为 } \frac{27}{3} = 9 \text{ g/mol} \cdot e^-;$$

$$\text{镁的摩尔电子质量为 } \frac{24}{2} = 12 \text{ g/mol} \cdot e^-.$$

因为  $H_2$  得到  $2e^-$ , 所以混合物的平均摩尔电子质量为  $\bar{M}_e = \frac{10}{\frac{11.2}{22.4} \times 2} = 10 \text{ g/mol} \cdot e^-$ 。

可见金属摩尔电子质量大于  $10 \text{ g/mol} \cdot e^-$  有三种,小于  $10 \text{ g/mol} \cdot e^-$  只有铝。故答案为 C。

注意:在使用摩尔电子质量时,若金属不与酸反应,则它的摩尔电子质量视为无限大( $\infty$ )。

#### 四、十字交叉法

十字交叉法应用于某些基于二元混合体系所产生的具有平均意义的计算问题。这种方法能将某些本来需要通过一元一次方程或二元一次方程组求解的计算转化为简单的算术运算,因而具有简化思路,快速解答的特点。

##### 1. 十字交叉法的原理。

用 A、B 分别表示二元混合体系中的组分,用  $a$ 、 $b$  分别表示 A、B 组分的特性数量,则  $A+B$  表示混合体系的总量, $c$  表示该混合体系的特性数量(是与  $a$ 、 $b$  有关的平均值)。

$$A \cdot a + B \cdot b = (A+B) \cdot c,$$

化简:  $A : B = (c-b) : (a-c)$ , 即:

$$\begin{array}{ccc} a & & c-b \\ & \diagdown & / \\ & c & \\ & / & \diagdown \\ b & & a-c \end{array} \quad \text{---} \quad = \frac{A}{B}$$

##### 2. 适用范围。

二元混合体系中各组分的特性数量具有可加性。

##### 3. 十字交叉法的应用。

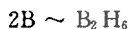
(1) 同位素相对原子质量“十字交叉”——得到同位素的物质的量之比。

**例 10** 晶体硼由  $^{10}B$  和  $^{11}B$  两种原子构成。已知 5.4 g 晶体硼全部转化为硼烷( $B_2H_6$ )气体时,可得 5.6 L(标准状况下)硼烷。则晶体硼烷中  $^{10}B$  和  $^{11}B$  两种原子的个数比为( )。

A. 1:2    B. 1:3    C. 1:4    D. 1:1

**解析** 首先求出硼元素的相对原子质量(平均相对原子质量),再根据两种同位素的质量数用十字交叉法求出两种同位素的物质的量之比。

设硼的相对原子质量为  $x$ , 根据题意可得关系式:



$$2x \text{ g} \quad 22.4 \text{ L} \quad 2x : 5.4 = 22.4 : 5.6,$$

$$5.4 \text{ g} \quad 5.6 \text{ L} \quad x = 10.8.$$

$$\begin{array}{ccc} & & 0.2 \\ & \diagdown & / \\ ^{10}B & & 10.8 \\ & / & \diagdown \\ ^{11}B & & 0.8 \end{array}$$

$$\frac{n(^{10}B)}{n(^{11}B)} = \frac{0.2}{0.8} = \frac{1}{4}.$$

故答案为 C。

(2) 相对分子质量“十字交叉”——得到物质的量之比。

**例 11** 钠在空气中燃烧,生成具有  $Na_2O$  和  $Na_2O_2$  的混合物,取该燃烧产物 7.48 g 溶于水制成 1000 mL 溶液,取出 10 mL 用 0.1 mol/L 的盐酸中和,用去盐酸 20 mL,由此可知该产物中  $Na_2O$  的质量分数为( )。

A. 16.6%    B. 20%    C. 80%    D. 78.4%

**解析** 由 Na 原子守恒:  $Na_2O \sim 2NaOH$ ,  $Na_2O_2 \sim 2NaOH$  可知:  $Na_2O$  和  $Na_2O_2$  混合物总的物质的量等于 NaOH 物质的量的 1/2。由题意可知  $n(NaOH) = n(HCl) = 0.2 \text{ mol}$ , 则  $Na_2O$  和  $Na_2O_2$  混合物的平均相对分子质量为:

$$\bar{M}_r = \frac{7.48}{0.2 \cdot \frac{1}{2}} = 74.8.$$

$$\begin{array}{ccc} Na_2O & & 3.2 \\ & \diagdown & / \\ & 74.8 & \\ & / & \diagdown \\ Na_2O_2 & & 12.8 \end{array}$$

$$\frac{n(Na_2O)}{n(Na_2O_2)} = \frac{3.2}{12.8} = \frac{1}{4}.$$

即  $Na_2O$  的物质的量分数为 20%, 则其质量分数一定小于 20%, 故答案为 A。

(3) 溶液质量分数“十字交叉”——得到溶液的质量之比。

**例 12** 把 100 g 质量分数为 10% 的  $KNO_3$  溶液增加到质量分数为 20% 的  $KNO_3$  溶液,可采用的方法是( )。

A. 蒸发掉 45 g 水    B. 蒸发掉 50 g 水

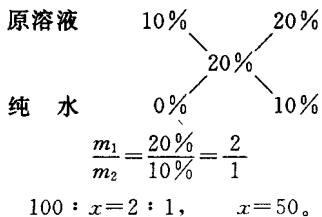


C. 加 10 g KNO<sub>3</sub> 晶体 D. 加 12.5 g KNO<sub>3</sub> 晶体

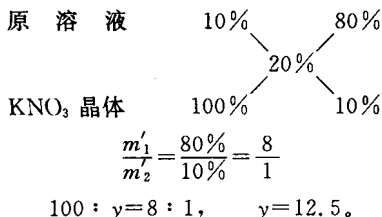


**解析** 在一定温度条件下,要使稀溶液变为浓溶液,方法是蒸发溶剂或增加溶质。本题把纯水中溶质的质量分数视为 0%,纯 KNO<sub>3</sub> 晶体的溶质质量分数视为 100%,则使用“十字交叉法”便可速解。

① 设蒸发  $x$  g 水,则



② 设加  $y$  g KNO<sub>3</sub> 晶体,则



故答案为 B、C。

(4) 化学式中原子个数“十字交叉”——得到物质的量(或气体体积)之比。



**例 13** 常温下,一种烷烃 A 和一种单烯烃 B 组成混合气体。A、B 分子最多只含有 4 个碳原子,且 B 分子的碳原子数比 A 分子多。

(1) 将 1 L 该混合气体充分燃烧,在同温、同压下得到 2.5 L CO<sub>2</sub> 气体。试推断原混合气体中 A 和 B 所有可能的组合及其体积比,将结论填入下表。

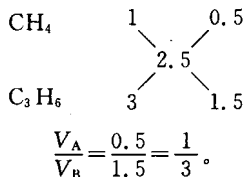
组合编号	A 的分子式	B 的分子式	A 和 B 的体积比(V <sub>A</sub> : V <sub>B</sub> )

(2) 120℃ 时取 1 L 该混合气体与 9 L O<sub>2</sub> 混合,充分燃烧,当恢复到 120℃ 和燃烧前的压强时,体积增大 6.25%。试通过计算确定 A 和 B 的分子式。



**解析** (1) 由题意可知,混合气体平均分子式中碳的原子个数为 2.5,即 C<sub>2.5</sub>H<sub>y</sub>。由 B 比 A 分子中碳原子个数多可推断,混合气体只能由碳原子数小于 2.5 的烷烃(CH<sub>4</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)与碳原子个数大于 2.5 的烯烃(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> 和 C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>)组成。它们有 4 种可能的组合,根据每一组中烷烃和烯烃的碳原子数及平均分子式中碳原子数,用十字交叉法可以确定 A 和 B 的体积比。

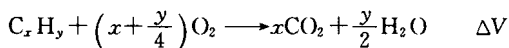
以①组为例:



其他组同理可用十字交叉法确定 V<sub>A</sub> : V<sub>B</sub> 如下表:

组合编号	A 的分子式	B 的分子式	A 和 B 的体积比(V <sub>A</sub> : V <sub>B</sub> )
①	CH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1 : 3
②	CH <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	1 : 1
③	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	1 : 1
④	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	3 : 1

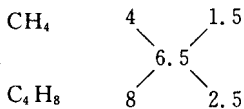
(2) 由体积差量法确定平均分子式中氢原子的个数:



$$1 \quad x + \frac{y}{4} \quad x \quad \frac{y}{2} \quad \frac{y}{4} - 1$$

$$\frac{y}{4} - 1 = 10 \times 6.25\%, \text{ 解得 } y = 6.5.$$

即平均分子式为 C<sub>x</sub>H<sub>6.5</sub>。由平均分子式中氢原子个数 6.5,可推知,混合物中一定有 C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>,则可能是②组和④组。若是②组,用十字交叉法可求得 V<sub>A</sub> : V<sub>B</sub>。



$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{1.5}{2.5} = \frac{3}{5} \neq \frac{1}{1} \quad \text{〔不合(1)中②组的题意〕}$$

所以只能是④组,即 A 为 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>,B 为 C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>。

想一想:

(1) 气体密度“十字交叉法”——得到的比值,其含义是什么?

(2) 反应热“十字交叉法”——得到的比值,其含义是什么?

(3) 若物质的量浓度用“十字交叉法”,应具备什么条件才能应用? 得到的比值,其含义是什么?

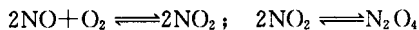
〔(1)气体体积比。(2)物质的量(或气体体积)之比。(3)两种溶液很稀,混合后其体积变化可忽略不计,溶液体积之比。〕

### 五、极值法

极值法(又称极端思维法)就是从某种极限状态出发,对题干进行分析、推理及判断的一种思维方法,其特点是“抓两头,定中间”。常用于判断物质过量、混合物组成、浓度、气体  $\bar{M}_r$  的变化情况等问题。用极限的观点去看某些化学题常能独辟蹊径,使问题豁然开朗、简化解题过程,从而迅速得到答案。一般解

法是:先根据边界条件(极值)确定答案的取值范围,然后再结合题干已知条件,确定答案。

**例14** 一定条件下,将相同体积的NO和O<sub>2</sub>混合,将发生如下反应:



所得的混合气体在此条件下对氢气的相对密度可能为( )。

- A. 26.5    B. 15.5    C. 31    D. 37.5

**解析** 本题所给的条件很少,要直接求解很困难,宜采用极值法。若只存在  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  反应,且因 O<sub>2</sub> 过量,把混合气体看成 NO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub>,则混合气体的平均相对分子质量为

$$\bar{M}_r = \frac{0.5 \times 32 + 1 \times 46}{1.5} = 41.3,$$

相对氢气密度  $D = \frac{41.3}{2} = 20.7$ ;若只存在  $2\text{NO}_2 = \text{N}_2\text{O}_4$  反应,且把 NO<sub>2</sub> 看成全部生成 N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>,则混合气体是 0.5 mol N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 和 0.5 mol O<sub>2</sub> (过量的 O<sub>2</sub>),平均相对分子质量

$$\bar{M}_r = \frac{0.5 \times 92 + 0.5 \times 32}{0.5 + 0.5} = 62,$$

相对氢气密度  $D = \frac{62}{2} = 31$ 。所以实际混合气体在此条件下对氢气的相对密度介于 20.7 与 31 之间。故答案选 A。

**例15** 在 500 mL 含有 Fe<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup> 的溶液中加入 9 g 铁粉,反应完全后过滤,所得固体干燥后质量为 10 g。滤液中的金属离子用 0.3 mol NaOH 恰好使它们完全沉淀。试求原溶液中 Fe<sup>3+</sup>、Cu<sup>2+</sup> 的物质的量浓度。(提示:  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ )

**解析** 解答本题的关键是首先判断得出 9 g Fe 粉过量(采用极值法来判断)。

若原溶液中只含 Fe<sup>3+</sup>,又因加入 0.3 mol OH<sup>-</sup>,金属离子完全沉淀,则由电荷守恒可知:含

$$n(\text{Fe}^{3+}) = \frac{0.3}{3} = 0.1 \text{ mol}.$$

因  $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$ ,故最多能溶解 Fe 粉

$$\frac{1}{2} \times 0.1 \times 56 = 2.8 \text{ (g)}.$$

若原溶液中只含 Cu<sup>2+</sup>,则由电荷守恒可知

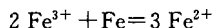
$$n(\text{Cu}^{2+}) = \frac{0.3}{2} = 0.15 \text{ mol}.$$

因  $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$ ,故要使 0.15 mol Cu<sup>2+</sup> 全部还原,所需 Fe 粉为  $0.15 \times 56 = 8.4 \text{ (g)}$ 。

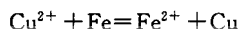
由上述分析可知,由含 Fe<sup>3+</sup> 和 Cu<sup>2+</sup> 组成的溶液

中最多能溶解 Fe 粉必在两个极值之间,即加入的 9 g Fe 粉一定过量。

设原溶液中含 Fe<sup>3+</sup> x mol, Cu<sup>2+</sup> y mol,则:



$$x \quad \frac{x}{2} \quad \frac{3x}{2}$$



$$y \quad y \quad y \quad y$$

$$\begin{cases} 3x + 2y = 0.3 \\ \left[ 10 - \left( \frac{x}{2} + y \right) \times 56 \right] + 64y = 10 \end{cases}$$

解之得  $x = 0.005, y = 0.1425$ 。

$$\text{所以 } c(\text{Fe}^{3+}) = \frac{0.005}{0.5} = 0.01 \text{ (mol/L)},$$



$$c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{0.1425}{0.5} = 2.85 \text{ (mol/L)}.$$

### 六、等效变换法

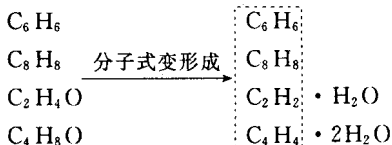
这种方法的解题思路是把化学问题转化为数学问题,进行侧向思维,利用某种特定的关系引入一些辅助的图形和数字来进行等效变换。此方法的关键在于把隐含的条件显示出来;或者把条件和结论联系起来;或者把复杂的计算和推理加以简化,从而达到化未知为已知,快速解答的目的。

**例16** 现有苯、苯乙烯、乙醛、乙酸乙酯的混合物,测得碳的质量分数为 72%,则其氧的质量分数为( )。

- A. 19.6%    B. 22%  
C. 36.4%    D. 条件不足无法求解

**解析** 由 、-CH=CH<sub>2</sub>、

CH<sub>3</sub>CHO、CH<sub>3</sub>COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> 组成的混合物中,现只知道碳的含量为 72%,同时已知  $w(\text{C}) + w(\text{H}) + w(\text{O}) = 100\%$ ;但题干中包含 3 个未知数,要解答此题,必定隐藏着一个限定条件。因此,解答本题的关键是找出这个条件,它必定是限定氢元素的质量分数或限定氧元素质量分数或暗示它们之间一定质量的关系。仔细分析它们的分子式,进行如下变形:



可以发现虚线方框内的部分最简式相同(CH),已知  $w(\text{C})$ ,由此可算出方框中的  $w(\text{H})$ 。余下部分应为  $w(\text{H}_2\text{O})$ ,根据水分子可求得  $w(\text{O})$ 。

方框内  $m(\text{C}) : m(\text{H}) = 12 : 1$ ,

$$w(\text{H}) = \frac{1}{12} \times 72\% = 6\%,$$



方框外  $w(\text{H}_2\text{O}) = 1 - 72\% - 6\% = 22\%$ ,

则  $w(\text{O}) = \frac{16}{18} \times 22\% = 19.6\%$ 。

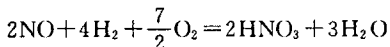
故答案为 A。

**例 17** 某混合气体由  $\text{NO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}_2$  组成,使它全部通过足量的  $\text{Na}_2\text{O}_2$  后,用电火花引燃,冷却后只得 70% 的硝酸并无气体残余。求原来混合气体中  $\text{NO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}_2$  的体积比。

**解析** 本题按常规计算时,涉及的反应很多而且计算较繁琐。因此简化解题过程的关键是抓住题干条件:各物质恰好完全反应,最后得到 70%  $\text{HNO}_3$ ,然后整理思路计算。即:70%  $\text{HNO}_3$  中  $\text{HNO}_3$  与  $\text{H}_2\text{O}$  的物质的量之比为:

$$n(\text{HNO}_3) : n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{70\%}{63} : \frac{30\%}{18} = 2 : 3。$$

由此列出总体反应完全的化学方程式:



又因  $2\text{CO}_2 \xrightarrow{\text{Na}_2\text{O}_2} \text{O}_2$ ,故可知,  $\text{NO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$  的体积之比为  $2 : 4 : \frac{7}{2}$ ,相当于  $\text{NO}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}_2$  的体积之比为  $2 : 4 : 7$ 。

七、估算法

某些计算型选择题,可以根据常识、化学基本定律、题意变化趋势或边界条件、极限等,结合已掌握的解题方法进行逻辑推理就可迅速估算出正确答案。

(上接第 11 页)

**解析** 离子化合物  $\text{A}_m\text{B}_n$  是活泼金属元素  $\text{A}$  ( $a$  为核电荷数) 和活泼非金属  $\text{B}$  ( $z$  为核电荷数) 化合而成,在化合物中  $\text{A}$ 、 $\text{B}$  分别是  $+n$  价和  $-m$  价。在周期表中的可能相对位置有如下几种:

- (1) 

第 2 周期	${}_a\text{A}$	.....	${}_z\text{B}$
第 3 周期		.....	
- (2) 

第 2 周期		.....	
第 3 周期	${}_a\text{A}$	.....	${}_z\text{B}$
- (3) 

第 2 周期		.....	${}_z\text{B}$
第 3 周期	${}_a\text{A}$	.....	
- (4) 

第 2 周期	${}_a\text{A}$	.....	
第 3 周期		.....	${}_z\text{B}$

对于示意图(1),  ${}_a\text{A}^{n+}$  核外电子排布与 He 同,  ${}_z\text{B}^{m-}$  核外电子排布与 Ne 同,所以:

$$(z+m) - (a-n) = 10 - 2,$$

即  $z = 8 + a - m - n$  与 A 选项对应。

**例 18** 将质量分数为 5.2% 的  $\text{NaOH}$  溶液 1 L (密度为 1.06 g/mL) 用铂电极电解,当溶液中  $\text{NaOH}$  的质量分数改变了 1.0% 时停止电解,则此时溶液中应符合的条件是( )。

	NaOH 的质量分数	阳极析出物的质量/g	阴极析出物的质量/g
A	6.2%	19	152
B	6.2%	152	19
C	4.2%	1.2	9.4
D	4.2%	9.4	1.2

**解析** 根据惰性电极电解  $\text{NaOH}$  水溶液的规律:相当于电解水,且阳极产生  $\text{O}_2$  的质量大于阴极产生  $\text{H}_2$  的质量。又因溶剂减少,所以电解后的  $\text{NaOH}$  溶液质量分数必定增大,即  $> 5.2\%$ ,故选 B。

想一想,下面一题,你能有几种方法进行解答?哪种方法最优?

一定量的乙醇在氧气不足情况下燃烧,得到  $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$  和水的总质量为 27.6 g,其中水的质量为 10.8 g,则  $\text{CO}$  的质量是( )。

- A. 1.4 g
- B. 2.2 g
- C. 4.4 g
- D. 在 2.2 g 和 4.4 g 之间

(答案:A。方法一:十字交叉法→相对分子质量;方法二:原子守恒→C 守恒;方法三:差量法→质量差量;方法四:电子得失守恒;方法五:方程式法等。)

对于示意图(2),通过类似于示意图(1)的有关讨论,得出的结论也与 A 相符。

对于示意图(3),  ${}_a\text{A}^{n+}$  与  ${}_z\text{B}^{m-}$  离子的核外电子排布都与 Ne 的核外电子排布相同,有

$$a - n = z + m$$

即  $z = a - n - m$  与 D 选项相同。

对于示意图(4),  ${}_a\text{A}^{n+}$  与  ${}_z\text{B}^{m-}$  核外电子排布分别与 He、Ar 原子的核外电子排布相同,所以有

$$(z+m) - (a-n) = 18 - 2,$$

即  $z = 16 + a - m - n$  与 C 选项相符。

综合上述讨论,答案是 B。

**点评** 本题的特点是有关元素周期表的问题,对于学生来说关键是要借助一些特殊手段增强直观性。可考虑采用画出周期表示意图的方式进行讨论。本题的另一个特点是要求回答“不可能是”,应采用穷举法举出可能的情况与各选项进行对照,从而找出不可能的情况。有序思维是列出可能情况的有效策略,也是提高解题正确率的有效手段。