

# 差量法在化学计算中的应用

王永森, 魏建业

(北京市第九中学, 北京石景山 100041)

**摘要:** 将差量法的原理——等比定律的表达式进一步变形, 并应用变形式对差量法解题进行了解析。

**关键词:** 差量法; 等比定律。

**文章编号:** 1005-6629(2012)4-0067-02

**中图分类号:** G633.8

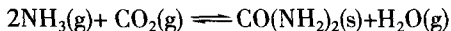
**文献标识码:** B

差量法是根据在化学反应中反应物与生成物的差量和造成这种差量的实质及其关系, 列出比例式求解的解题方法。若  $a$ 、 $c$  为已知量,  $b$ 、 $d$  为未知量,  $a-c$  为理论差量,  $b-d$  为实际差量, 根据物质在反应前后的增、减差量列出计算式  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{a-c}{b-d}$ , 从而确定  $b$ 、 $d$ 。它应用数学上的等比定律:  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{a-c}{b-d}$  或  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{b+d-f} = \frac{a+c-e}{b+d-f}$  或, 根据某类物质在反应前后的增、减差量列出计算式, 从而使计算简洁明了。但在差量法的实际应用中, 要考虑差量法原理——等比定律的多种表达形式以及化学反应原理的具体情况。

## 1 应用形式的变化

1.1 由  $\frac{a}{b} = \frac{a-c}{b-d} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{a-c}{b-d} = \frac{c}{d}$  的形式

例1 在一容积可调的密闭容器中通入  $\text{NH}_3$  和  $\text{CO}_2$  气体, 在一定条件下发生反应:



达到平衡状态时, 若增大压强, 平衡发生移动, 但混合气体的平均相对分子质量不变。原平衡状态时, 混合气体的平均相对分子质量为\_\_\_\_\_。

[解析] 原平衡状态时存在  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  3 种气体, 没有给出它们的体积或物质的量, 似乎没有突破口。但题中有“达到平衡状态时, 若增大压强, 平衡发生移动, 但混合气体的平均相对分子质量不变”的条件, 换言之, 若平衡向右移动每生成 1 mol  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{s})$  和 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  时, 同时消耗 2 mol  $\text{NH}_3(\text{g})$  和 1 mol  $\text{CO}_2(\text{g})$ , 即每减少 2 mol 气体就增加 1 mol 固体。根据

$$\bar{M} = \frac{m_{\text{总}}}{n_{\text{总}}} = \frac{m_{\text{总}} - 60 \text{ g}}{n_{\text{总}} - 2 \text{ mol}} = \frac{60 \text{ g}}{2 \text{ mol}} = 30 \text{ g/mol},$$

气体的平均相对分子质量与摩尔质量数值相等, 原平衡状态时, 混合气体的平均相对分子质量为 30。

1.2 由  $\frac{a}{b} = \frac{a+c}{b+d} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{a+c}{b+d} = \frac{c}{d}$  的形式

例2 现有 A、B 两种有机物, 已知:

①它们分子中含有相同数目的碳原子和氧原子, B 可以看成 A 中一个氢原子被氨基取代得到;

②它们分子中氢元素的质量分数相同, 相对分子质量都不超过 170, A 中碳元素的质量分数为 0.720;

③它们都是一取代苯, 分子中都没有甲基, 都有一个羧基。请按要求填空:

(1) A、B 的分子中氢元素的质量分数都是\_\_\_\_\_;

(2) A 的结构简式是\_\_\_\_\_;

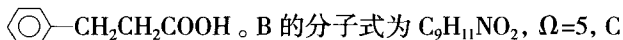
(3) B 有一种同分异构体 C 是苯环上的一硝基化合物, 其苯环和侧链上的一溴代物各有两种, C 的结构简式是\_\_\_\_\_。

[解析] 设 A 的分子式为  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ , B 可以看成 A 中一个氢原子被氨基取代得到, 则 B 的分子式为  $\text{C}_x\text{H}_{y+1}\text{NO}_z$ , 根据它们分子中氢元素的质量分数相同, 则

$$\omega(\text{H}) = \frac{y}{12x+y+16z} = \frac{y+1}{12x+y+16z+15} = \frac{1}{15} = 0.0667$$

$$A \text{ 中 } n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = \frac{72.00\%}{12} : \frac{6.67\%}{1} : \frac{21.33\%}{16} =$$

9:10:2, 所以 A 分子式为  $(\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2)_x$ , 因  $M_{r(\text{A})} < 170$ , 所以  $x=1$ , 即分子式为  $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_2$ ,  $\Omega=5$ , A 的结构简式为



的结构简式为  $\begin{matrix} \text{H}_3\text{C} \\ | \\ \text{CH} \\ | \\ \text{H}_3\text{C} \end{matrix} \text{—C}_6\text{H}_4\text{—NO}_2。$

1.3 由  $\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \rightarrow \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{a+c}{b+d}$  的形式

## 参考文献:

- [1] 周昌忠. 西方科学方法论史 [M]. 上海人民出版社, 1986: 100.  
[2] 戴光宏, 孙力克. 2010 年广州市初中毕业生学业考试化学学科质量分析报告 [R]. 2010 年广州市初中毕业生学业考试年报 [C]. 广州: 广州市教育局教学研究室, 2010.

- [3] 孙力克. 2008 年广州市初中毕业生学业考试化学学科质量分析报告 [R]. 2008 年广州市初中毕业生学业考试年报 [C]. 广州: 广州市教育局教学研究室, 2008.

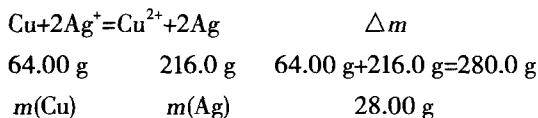
- [4] 黄丹青. 2009 年高考福建省理综化学学科试题质量分析 [J]. 福建基础教育研究, 009, (8): 88~92.

## 测量评价

例3 利用质量均为 100.0 g 的金属铜作电极, 电解  $\text{AgNO}_3$  溶液。一段时间后, 两电极的质量差为 28.00 g, 则此时两电极的质量为

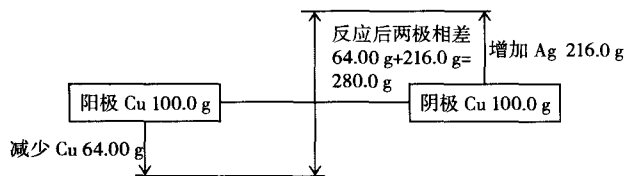
序号	阳极质量/g	阴极质量/g
A	100.0	128.0
B	93.60	121.6
C	119.0	91.00
D	88.21	139.8

[解析] 铜为活性电极, 阳极反应式:  $\text{Cu}-2\text{e}^-=\text{Cu}^{2+}$ , 阴极反应式:  $2\text{Ag}^++2\text{e}^-=2\text{Ag}$ , 总反应式  $\text{Cu}+2\text{Ag}^+=\text{Cu}^{2+}+2\text{Ag}$ ,



$m(\text{Cu})=6.40 \text{ g}$ ,  $m(\text{Ag})=21.60 \text{ g}$ , 即阳极减少 6.40 g 为 93.60 g, 阴极增加 21.60 g 为 121.6 g, 选 B。

理论差量  $\Delta m$  之所以为  $64.00 \text{ g}+216.0 \text{ g}=280.0 \text{ g}$ , 是因为阳极质量减少的同时, 阴极质量增加, 两极质量差扩大, 可用下图表示

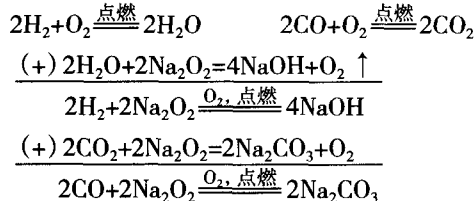


## 2 差量法解题的进一步应用分析

例4 (2004年河南高考) 取  $a \text{ g}$  某物质在氧气中完全燃烧, 将其产物跟足量过氧化钠固体完全反应, 反应后固体的质量也增加了  $a \text{ g}$ 。下列物质中不能满足上述结果的是 ( )

- A.  $\text{H}_2$     B.  $\text{CO}$     C.  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$     D.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

[解析] 对  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  的反应过程分析如下:



$\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  在此条件下反应结果相似, 即:  $\text{H}_2(\text{CO})$  燃烧产物使  $\text{Na}_2\text{O}_2$  增重的量(质量差量)就是  $\text{H}_2(\text{CO})$  本身的质量。 $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  组合在一起性质仍然相似, 如果化合物能够“拆成”  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  的组合, 即  $(\text{H}_2)_m(\text{CO})_n$  或  $(\text{H})_m(\text{C})_n$  [ $m, n$  为正整数] 形式, 就符合题意, 如 C 选项  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  可以拆成  $(\text{H}_2)_6(\text{C})_6$  的形式而符合题意, 选 D。

例5 一定条件下将质量为  $X \text{ g}$  的有机物在  $\text{O}_2$  中

完全燃烧, 燃烧后全部产物通过足量  $\text{Na}_2\text{O}_2$  层, 过氧化钠的质量增重  $Y \text{ g}$ , 下列对应关系一定正确的是 ( )

序号	有机物	X	Y
A	$\text{C}_2\text{H}_4$	$m$	$15m/7$
B	$\text{HCOOH}$	$m$	$15m/23$
C	$\text{CH}_3\text{OH}$ 和 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 的混合物	$m$	$2m/3$
D	$\text{HCOOH}$ 与 $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ 的混合物	$m$	$m$

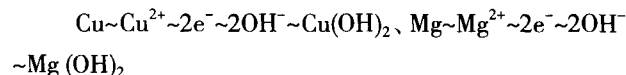
[解析] 根据例4的解析, 选项 C 中的  $\text{CH}_3\text{OH}$  和  $\text{CH}_3\text{COOH}$  均可“拆成”  $(\text{H}_2)_m(\text{CO})_n$  的形式, 增重应为  $m$ ; 选项 D 增重仍为  $m$ , 而  $n(\text{HCOOH}):n(\text{CH}_3\text{COOCH}_3)=1$  才成立; 选项 A 满足  $\text{C}_2\text{H}_4 \sim \Delta m [(\text{H}_2)_2(\text{CO})_2]$ , 若  $\text{C}_2\text{H}_4$  质量为  $m$ , 则增重为  $15m/7$ ; 选项 B 满足  $\text{HCOOH} \sim \Delta m [(\text{H}_2)(\text{CO})]$ , 若  $\text{HCOOH}$  质量为  $m$ , 则增重为  $15m/23$ 。答案为 A、B。

例6 (原上海高考题) 铜镁合金 4.6 g 完全溶于浓硝酸, 若反应中硝酸被还原只生成 4480 mL  $\text{NO}_2$  气体和 336 mL  $\text{N}_2\text{O}_4$  气体(气体均为标准状况), 在反应后的溶液中加入足量的氢氧化钠溶液, 生成沉淀的质量为 ( )

- A. 7.04 g    B. 8.26 g    C. 8.51 g    D. 9.02 g

[解析]  $\text{Cu}$ 、 $\text{Mg}$  溶于浓硝酸后生成  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ , 它们再与足量的  $\text{NaOH}$  反应生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀, 如若得到沉淀的质量, 列二元一次方程组来解肯定能求出答案, 但对于一道选择题来说, 较长的解题时间无疑是很不经济的!

从形式上看,  $\text{Cu}^{2+}+2\text{OH}^-=\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$ 、 $\text{Mg}^{2+}+2\text{OH}^-=\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀的质量可分割成  $m$  ( $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )、 $m(\text{OH}^-)$  两部分, 忽略电子的质量  $m(\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+})=m(\text{Cu}, \text{Mg})$ , 故此题就转化为求沉淀生成时消耗  $\text{OH}^-$  的质量(即  $\Delta m$ ) 了。又根据:



两者的共性是  $\text{e}^- \sim \text{OH}^-$ ,  $\text{Cu}$ 、 $\text{Mg}$  溶于浓硝酸失去电子的量与浓硝酸生成  $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$  得到电子的量相等,

$$n(\text{OH}^-)=n(\text{e}^-)=\frac{4480 \text{ mL}}{22400 \text{ mL/mol}} [(+5)-(+4)]+$$

$$\frac{336 \text{ mL} \times 2}{22400 \text{ mL/mol}} [(+5)-(+4)]=0.23 \text{ mol},$$

$m[\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{Mg}(\text{OH})_2]=4.6 \text{ g}+0.23 \text{ mol} \times 17 \text{ g/mol}=8.51 \text{ g}$ , 答案为 C。

通过上面的分析可知, 等比定律运用到化学方程式的差量计算可以有多种形式, 要根据基本数学原理, 结合化学反应的具体问题具体分析, 才能恰中肯綮。换言之, 掌握知识的内涵并能够灵活运用才是关键。