

例谈化学平衡状态的判断方法

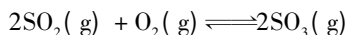
福建省仙游第一中学 351200 郑容容

化学平衡状态的判断是高考考查的热点。为帮助学生掌握化学平衡状态的判断方法,现举例进行分析,供学生参考。

一、本质标志法

化学平衡有两大本质标志:一是 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$ (即速率“相等”标志,是指同种物质的正、逆反应速率相等或不同种物质的正、逆反应速率之比等于化学计量数之比);二是反应物和生成物的浓度(或质量或百分含量)保持不变[即浓度(或质量或百分含量)“不变”标志]。

例1 一定温度下,可逆反应

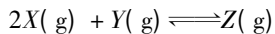


达到化学平衡的标志是()。

- A. 单位时间内生成 $2n$ mol SO_2 的同时生成 n mol O_2
 B. 单位时间内生成 $2n$ mol SO_3 的同时生成 $2n$ mol SO_2
 C. SO_2 、 O_2 和 SO_3 的浓度保持不变
 D. $c(\text{SO}_2) : c(\text{O}_2) : c(\text{SO}_3) = 2 : 1 : 2$

解析 A项所表示的反应速率都是逆反应速率;B项表示的正、逆反应速率之比等于化学计量数之比,即 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$;C项是化学平衡的浓度“不变”标志;D项不能说明反应物和生成物的浓度保持不变。则B、C项是化学平衡的标志。故答案为B、C。

例2 一定条件下,在体积为1L的密闭容器中,1 mol $X(\text{g})$ 和1 mol $Y(\text{g})$ 进行如下反应:



下列叙述不能判断该反应已达到化学平衡状态的是()。

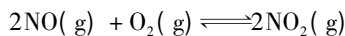
- A. X 的百分含量不再发生变化
 B. 单位时间内生成生成 n mol Z 的同时生成 n mol Y
 C. X 和 Y 的物质的量浓度不再发生变化
 D. 单位时间内消耗 n mol X 的同时消耗 n mol Z

解析 A项是化学平衡的百分含量“不变”标志;B项表示的正、逆反应速率之比等于化学计量数之比,即 $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}}$;C项是化学平衡的浓度“不变”标志;D项表示的正、逆反应速率之比不等于化学计量数之比,即 $v_{\text{正}} \neq v_{\text{逆}}$ 。则只有D项不能判断该反应已达到化学平衡状态。故答案为D。

二、等价标志法

等价标志是指所表述的内容“等价”于本质标志(能间接反映“相等”和“不变”本质标志的含义)主要有转化率、产率、体系的颜色、绝热恒容体系的温度等保持不变。

例3 向绝热恒容的密闭容器中通入 NO 和 O_2 ,在一定条件下发生下列反应:

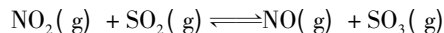


不能判断该反应已达到平衡状态的是()。

- A. NO 的转化率保持不变
 B. NO 和 NO_2 的浓度相等
 C. 混合气体的颜色保持不变
 D. NO_2 的产率保持不变

解析 NO 的转化率保持不变和 NO_2 的产率保持不变,均说明各物质的浓度保持不变;化学平衡状态的标志是各物质的浓度保持不变,而不是相等;混合气体的颜色保持不变,说明各物质的浓度保持不变。只有B项不能判断该反应已达到平衡状态。故答案为B。

例4 向绝热恒容的密闭容器中通入 NO_2 和 SO_2 ,在一定条件下发生下列反应:



不能判断该反应已达到平衡状态的是()。

- A. 每消耗1 mol SO_3 的同时生成1 mol NO_2
 B. SO_2 的转化率不再改变
 C. 混合气体的颜色不再改变
 D. 容器中的温度不再改变

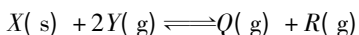
解析 A项所表示的反应速率都是逆反应速率 $v_{\text{正}}$ 与 $v_{\text{逆}}$ 不一定相等,不能判断该反应已经达到平衡状态;B项 SO_2 的转化率不再改变;C项混

合气体的颜色保持不变; D 项容器中的温度不再改变均说明各物质的浓度保持不变。则 B、C、D 项均能判断该反应已达到平衡状态。故答案为 A。

三、特殊标志法

特殊标志是指所表述的内容并不能表明所有可逆反应均已达到平衡状态,只是在某些特殊的情况下才能表示某反应已达到平衡状态,主要有气体的总质量(总物质的量或总体积)、气体的总压强、气体的平均相对分子质量、气体的密度等保持不变。

例 5 在一定温度下的恒容密闭容器中,当下列物理量保持不变时,能说明反应



已达到平衡状态的是()。

- A. 混合气体的压强
- B. 混合气体的密度
- C. 混合气体的总物质的量
- D. 混合气体的平均相对分子质量

解析 因 X 为固体,反应前后气体的分子数不变,无论反应是否达到平衡,混合气体的压强、混合气体的总物质的量都保持不变;因密闭容器的体积不变,而混合气体的密度、混合气体的平均相对分子质量均随着混合气体质量的改变而改变,所以只有当反应达到平衡时,混合气体的密度、混合气体的平均相对分子质量才保持不变。故答案为 B、D。

例 6 在一定温度下的恒容密闭容器中,当下列物理量保持不变时,不能说明反应



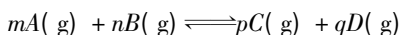
已达到平衡状态的是()。

- A. 混合气体的压强
- B. 混合气体的密度
- C. 混合气体的总物质的量
- D. 混合气体的平均相对分子质量

解析 因反应前后气体的物质的量不相等,则混合气体的压强保持不变、混合气体的总物质的量保持不变、混合气体的平均相对分子质量保持不变均能说明该反应已达到平衡状态;因反应前后混合气体的质量和容器的体积不变,则无论反应是否达到平衡,混合气体的密度都保持不变,则只有 B 项不能说明该反应已达到平衡状态。故答案为 B。

四、浓度商法

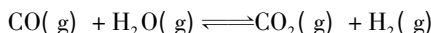
对于一般的可逆反应:



当 $Q_c = K$ 时,反应达到化学平衡。其中,浓度商

$$Q_c = \frac{c^p(C) \cdot c^q(D)}{c^m(A) \cdot c^n(B)}$$

例 7 在一定温度下,反应



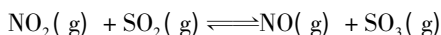
的平衡常数 $K = 1.0$; 测得某时刻各物质的浓度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 数据见表 1,能说明反应已达到平衡状态的是()。

表 1

| | A | B | C | D |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $c(\text{CO})$ | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.2 |
| $c(\text{H}_2\text{O})$ | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.7 |
| $c(\text{CO}_2)$ | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| $c(\text{H}_2)$ | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |

解析 A、B、C、D 项的浓度商分别为 $\frac{0.2 \times 0.2}{0.8 \times 1.3} = \frac{0.04}{1.04}$ 、 $\frac{0.4 \times 0.4}{0.6 \times 1.1} = \frac{0.16}{0.66}$ 、 $\frac{0.6 \times 0.6}{0.4 \times 0.9} = 1.0$ 、 $\frac{0.8 \times 0.8}{0.2 \times 0.7} = \frac{0.64}{0.14}$,只有 C 项 $Q_c = K$ 能说明反应已达到平衡状态。故答案为 C。

例 8 在一定温度下,反应



的平衡常数 $K = 4.0$; 测得某时刻各物质的浓度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 数据见表 2,能说明反应已达到平衡状态的是()。

表 2

| | A | B | C | D |
|------------------|-----|-----|-----|-----|
| $c(\text{NO}_2)$ | 2.5 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |
| $c(\text{SO}_2)$ | 2.5 | 2.0 | 1.5 | 1.0 |
| $c(\text{NO})$ | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| $c(\text{SO}_3)$ | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |

解析 A、B、C、D 项的浓度商分别为 $\frac{0.5 \times 0.5}{2.5 \times 2.5} = \frac{1}{25}$ 、 $\frac{1.0 \times 1.0}{2.0 \times 2.0} = \frac{1}{4}$ 、 $\frac{1.5 \times 1.5}{1.5 \times 1.5} = 1.0$ 、 $\frac{2.0 \times 2.0}{1.0 \times 1.0} = 4.0$,只有 D 项 $Q_c = K$ 能反应说明已达到平衡状态。故答案为 D。