

第21讲 化学平衡 化学平衡常数及计算

【复习目标】

1. 了解化学平衡建立的过程。
2. 了解化学平衡常数的含义,能利用化学平衡常数进行相关计算。

目录索引

考点1 可逆反应和化学平衡状态

考点2 化学平衡常数及计算

考点1 可逆反应和化学平衡状态

必备知识·梳理

一、可逆反应

1.定义:在同一条件下,既能向_____方向进行,又能向_____方向进行的反应称为可逆反应。

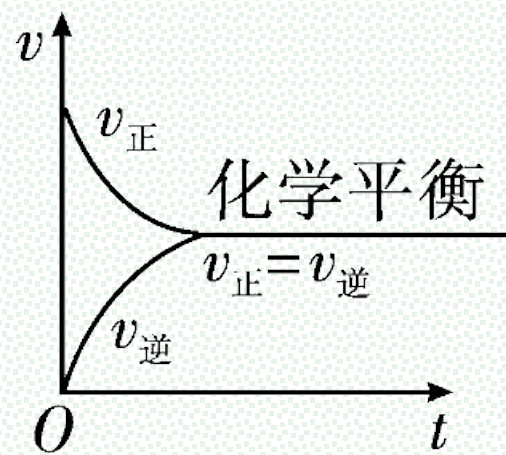
2.表示:采用“ ”表示,如 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ 。

3.特点:可逆反应不能进行到底,对于任何一个可逆反应进行一段时间后,一定会达到_____状态。

二、化学平衡

1.化学平衡状态:在一定条件下,_____反应中正反应速率与逆反应速率_____,反应混合物中各组成成分浓度、含量保持_____的状态,叫做化学平衡状态。

2.化学平衡的建立:在一定条件下,可逆反应进行的过程中,若开始只有反应物,没有生成物。则 $v_{\text{正}}$ _____, $v_{\text{逆}}$ 为___。随着反应的进行,反应物不断减少,生成物就不断增加, $v_{\text{正}}$ 越来越___, $v_{\text{逆}}$ 越来越___,反应进行到某一时刻, $v_{\text{正}}$ ___ $v_{\text{逆}}$,就达到了化学平衡。化学平衡状态既可从正反应方向开始达到平衡,也可以从逆反应方向开始达到平衡。



3.化学平衡的特点:

动	化学平衡是一种_____平衡,即 $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}\neq 0$, $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}\neq 0$ 是可逆反应达到平衡状态的本质
定	条件不变时,反应物与生成物浓度、百分组成保持_____(或反应物与生成物的含量保持一定)。这是判断体系是否处于化学平衡状态的重要特征
变	任何化学平衡状态均是暂时的、相对的、有条件的。影响平衡的外界条件_____,平衡状态即被破坏,发生平衡移动

关键能力·提升

考向1 可逆反应

典例1将 $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KI溶液和 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液等体积混合,充分反应后,取混合液分别完成下列实验,能说明溶液中存在化学平衡 $2\text{Fe}^{3+}+2\text{I}^{-}\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}+\text{I}_2$ 的是()

- A.向混合液中滴入KSCN溶液,溶液变红色
- B.向混合液中滴入 AgNO_3 溶液,有黄色沉淀生成
- C.向混合液中滴入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液,有蓝色沉淀生成
- D.向混合液中滴入淀粉溶液,溶液变蓝色

答案 A

解析 $0.2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KI 溶液和 $0.05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液等体积混合, KI 过量, 向混合液中滴入 KSCN 溶液, 溶液变红色, 说明溶液中仍含有 Fe^{3+} , 能说明溶液中存在化学平衡 $2\text{Fe}^{3+}+2\text{I}^{-}\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}+\text{I}_2$, 故 A 项正确; KI 过量, 溶液中存在 I^{-} , 能使 AgNO_3 溶液产生黄色沉淀, 故 B 项错误; 该反应生成 Fe^{2+} , 向混合液中滴入 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 溶液, 有蓝色沉淀生成, 只能说明溶液中含有 Fe^{2+} , 不能说明溶液中存在化学平衡 $2\text{Fe}^{3+}+2\text{I}^{-}\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}+\text{I}_2$, 故 C 项错误; 该反应生成 I_2 , 向混合液中滴入淀粉溶液, 溶液变蓝色, 说明溶液中含有碘单质, 不能说明溶液中存在化学平衡 $2\text{Fe}^{3+}+2\text{I}^{-}\rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}+\text{I}_2$, 故 D 项错误。

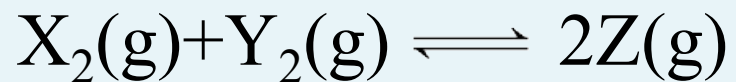
[对点训练1]在密闭容器中进行反应: $X_2(g)+Y_2(g)\rightleftharpoons 2Z(g)$,已知 X_2 、 Y_2 、 Z 的起始浓度分别为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$,在一定条件下,当反应达到平衡时,各物质的浓度有可能是()

- A. Z 为 $0.3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ B. Y_2 为 $0.4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
C. X_2 为 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ D. Z 为 $0.4\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

答案 A

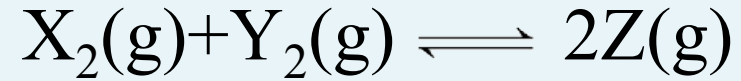
解析 该题可根据“极端假设法”判断,假设反应正向或逆向进行到底,求出各物质浓度的最大值和最小值,从而确定它们的浓度范围。

假设反应正向进行到底:



起始浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.1	0.3	0.2
改变浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0.1	0.1	0.2
终态浓度($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	0	0.2	0.4

假设反应逆向进行到底:



起始浓度(mol·L ⁻¹)	0.1	0.3	0.2
----------------------------	-----	-----	-----

改变浓度(mol·L ⁻¹)	0.1	0.1	0.2
----------------------------	-----	-----	-----

终态浓度(mol·L ⁻¹)	0.2	0.4	0
----------------------------	-----	-----	---

平衡体系中各物质的浓度范围为

$c(\text{X}_2) \in (0, 0.2), c(\text{Y}_2) \in (0.2, 0.4), c(\text{Z}) \in (0, 0.4)$ 。

考向2 平衡标志的判断

典例2在两个恒容的密闭容器中进行下列两个可逆反应。甲： $\text{C}(\text{s})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$



①混合气体平均相对分子质量不再改变

②恒温时,气体压强不再改变

③各气体浓度相等

④绝热时,反应体系温度保持不变

⑤断裂氢氧键速率是断裂氢氢键速率的2倍

⑥混合气体密度不变

⑦单位时间内,消耗水质量与生成氢气质量比为9:1

其中能表明甲、乙容器中反应都达到平衡状态的是(**D**)

A.①②⑤

B.③④⑥

C.⑥⑦

D.④⑤

解析 ①乙反应前后气体的物质的量不变,则无论是否达到平衡状态,混合气体平均相对分子质量都不改变,不合题意;②乙反应前后气体的物质的量不变,恒温时,无论是否达到平衡状态,气体压强都不改变,不合题意;③平衡常数未知,各气体组成浓度相等,不一定达到平衡状态,不合题意;④绝热时反应体系中温度保持不变,可说明达到平衡状态,符合题意;⑤断裂氢氧键速率是断裂氢氢键速率的2倍,可说明正逆反应速率相等,达到平衡状态,符合题意;⑥乙都是气体参加反应,无论是否达到平衡状态,混合气体密度都不变,不合题意;⑦单位时间内,消耗水蒸气质量与生成氢气质量比为9:1,为正反应速率关系,不能说明是否达到平衡状态,不合题意,综上分析可知,④⑤能够说明两反应均达到化学平衡。

【方法点拨】

平衡标志

(1) 一个可逆反应达到平衡状态的最根本标志是 $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$ 。运用速率标志要注意:正、逆反应速率相等是指用同一种物质表示的反应速率。若一个可逆反应的正、逆反应速率是分别用两种不同物质表示时,则当这两者的速率之比等于这两种物质的化学计量数之比时才标志着可逆反应达到化学平衡了。

(2) $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$ 的必然结果是反应混合物各组分的含量保持不变,所以,各组分的浓度或含量不再随时间而改变也一定标志着可逆反应达到化学平衡了。

(3)如果一个可逆反应达到平衡状态,则整个反应体系的物理参数,如总压强、总体积、总物质的量以及气体的平均分子量和密度等肯定都要保持定值,不会再随时间而改变。但反过来,在一定条件下,这些物理参数保持不变的可逆反应,不一定就达到了化学平衡,要做具体分析。如反应

$$aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g)+dD(g)$$

若 $a+b=c+d$,由于反应前后气体分子数始终不发生改变,使反应体系的总压强、平均相对分子质量等参量在任何时刻都保持不变,这种情况下这些物理参量不能作为化学平衡状态的标志。

[对点训练2]在恒温恒容密闭容器中,可以作为合成氨反应达到化学平衡状态的标志的是()

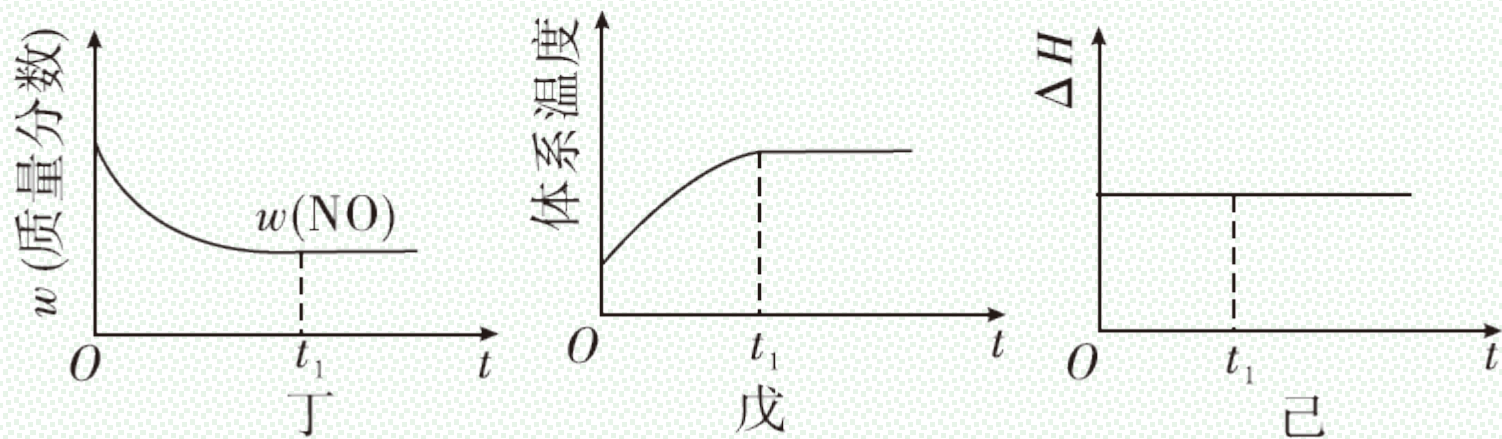
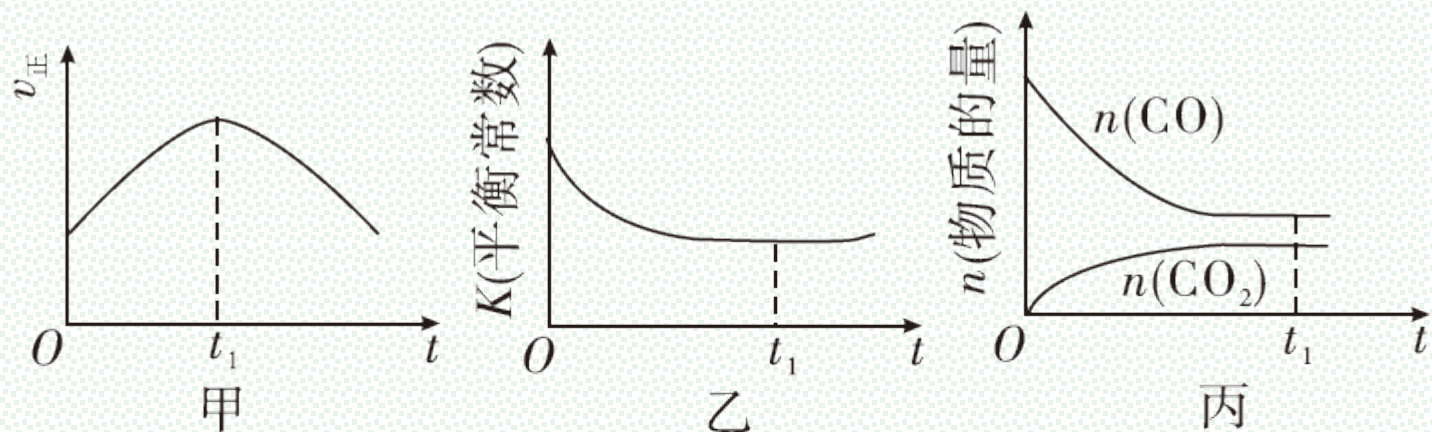
- A.混合气体中 N_2 与 H_2 的物质的量之比保持恒定
- B.单位时间内生成1 mol H-H键的同时,断裂2 mol N-H键
- C.混合气体的密度保持不变
- D.混合气体的总压强保持不变

答案 D

解析 氮气和氢气都是反应物,如果起始量之比为1:3,其物质的量之比始终不变,故其比值不变不能证明反应达到平衡,A项错误;生成H—H键表示逆反应速率,断裂N—H键也表示逆反应速率,不能证明反应达到平衡,B项错误;由质量守恒定律知,气体的总质量不变,因为容器的容积不变,所以密度始终保持不变,故不能作为平衡状态的标志,C项错误;反应前后化学计量系数不相等,所以只要反应在进行,容器中的物质的量就会变化,压强也会变化,故当容器中的压强不变时,可以表明反应已达平衡状态,D项正确。

[对点训练3]汽车尾气净化的主要原理为 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}}$

$2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。若该反应在绝热、恒容的密闭体系中进行,下列示意图正确且能说明反应在进行到 t_1 时刻达到平衡状态的是 乙丁戊 (填序号)。



解析 甲达到平衡时, $v_{\text{正}}$ 应保持不变; 乙由于是放热反应, 又是绝热容器, 体系温度升高, 平衡左移, K 减小, 当 K 不变时, 温度不变, 达到平衡状态; 丙图中达到平衡时, CO 、 CO_2 的改变量不是 1 : 1; 丁 $w(\text{NO})$ 逐渐减小, 达到平衡时保持不变; 戊因正反应放热, 容器绝热, 故反应开始后体系温度升高, 达到平衡状态时, 体系温度不再发生变化; 己 ΔH 是一个定值, 不能用于判断可逆反应是否达到平衡状态。

考点2 化学平衡常数及计算

必备知识·梳理

1. 概念

在一定温度下,当一个可逆反应达到化学平衡时,生成物浓度幂之积与反应物浓度幂之积的比值是一个常数,即化学平衡常数,用符号 K 表示。

2. 表达式

对于一般的可逆反应 $m\text{A}(\text{g})+n\text{B}(\text{g})\rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})+q\text{D}(\text{g})$,当在一定温度下达到平衡时, $K=\frac{c^p(\text{C})\cdot c^q(\text{D})}{c^m(\text{A})\cdot c^n(\text{B})}$ (固体或纯液体的浓度视为常数,通常不计入化学平衡常数表达式中)。

3.影响因素

K 只受 影响,与反应物或生成物的浓度变化无关,与压强变化、是否使用催化剂无关。

4.平衡常数的意义及应用

(1)判断可逆反应进行的程度

K	$<10^{-5}$	$10^{-5}\sim 10^5$	$>10^5$
反应程度	很难进行	反应可逆	反应接近完全

(2)判断反应是否达到平衡或进行的方向

对于化学反应 $aA(g)+bB(g)\rightleftharpoons cC(g)+dD(g)$ 的任意状态,浓度商

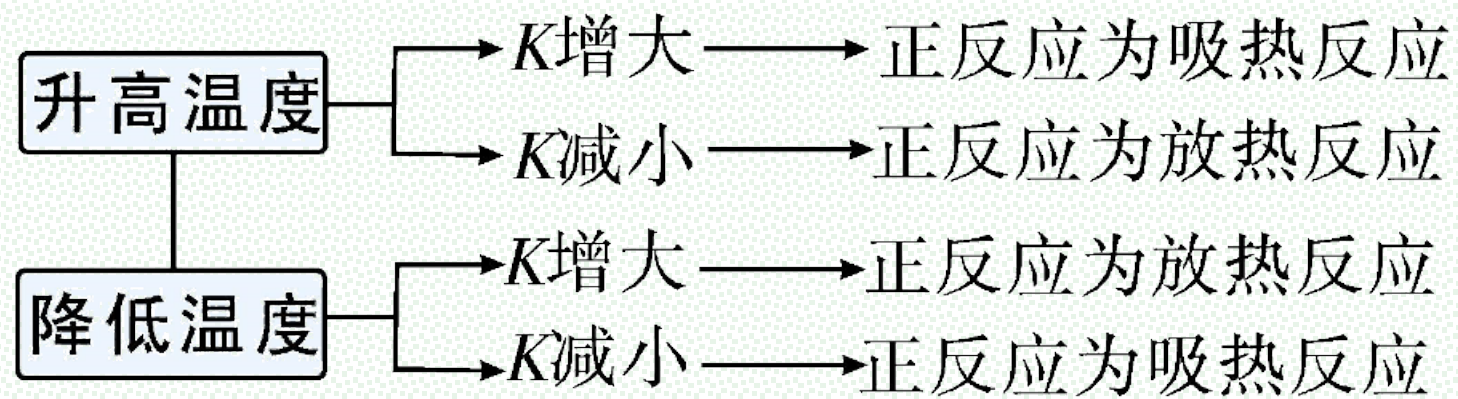
$$Q(Q_c)=\frac{c^c(C)\cdot c^d(D)}{c^a(A)\cdot c^b(B)}。$$

若 $Q(Q_c)<K$,反应向__反应方向移动;

若 $Q(Q_c)=K$,反应处于___状态;

若 $Q(Q_c)>K$,反应向__反应方向移动。

(3)判断可逆反应的热效应



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/256042013141010241>