

第4课时 温度、催化剂对化学平衡移动的影响

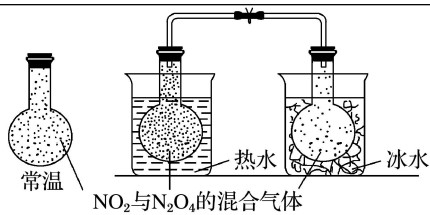
[核心素养发展目标] 1.变化观念与平衡思想：从变化的角度认识化学平衡的移动，即可逆反应达到平衡后，温度、催化剂改变，平衡将会发生移动而建立新的平衡。2.证据推理与模型认知：通过实验论证说明温度、催化剂的改变对化学平衡移动的影响，构建分析判断化学平衡移动方向的思维模型(勒夏特列原理)。

一、温度、催化剂对化学平衡移动的影响

1. 温度对化学平衡移动的影响

(1)实验探究温度对化学平衡移动的影响

按表中实验步骤要求完成实验，观察实验现象，填写下表：

| | |
|------|---|
| 实验原理 | $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H = -56.9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ (红棕色) (无色) |
| 实验步骤 |  |
| 实验现象 | 热水中混合气体颜色加深；冰水中混合气体颜色变浅 |
| 实验结论 | 混合气体受热颜色加深，说明 NO_2 浓度增大，即平衡向逆反应方向移动；混合气体被冷却时颜色变浅，说明 NO_2 浓度减小，即平衡向正反应方向移动 |

(2)温度对化学平衡移动的影响规律

①任何化学反应都伴随着能量的变化(放热或吸热)，所以任意可逆反应的化学平衡状态都受温度的影响。

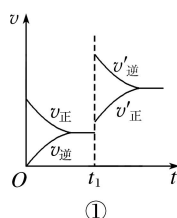
②当其他条件不变时：

温度升高，平衡向吸热反应方向移动；

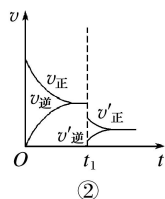
温度降低，平衡向放热反应方向移动。

(3)用 $v-t$ 图像分析温度对化学平衡移动的影响

已知反应： $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ ，当反应达平衡后，若温度改变，其反应速率的变化曲线分别如下图所示。



t_1 时刻, 升高温度, $v'_{正}$ 、 $v'_{逆}$ 均增大, 但吸热反应方向的 $v'_{逆}$ 增大幅度大, 则 $v'_{逆} > v'_{正}$, 平衡逆向移动。



t_1 时刻, 降低温度, $v'_{正}$ 、 $v'_{逆}$ 均减小, 但吸热反应方向的 $v'_{逆}$ 减小幅度大。则 $v'_{正} > v'_{逆}$, 平衡正向移动。

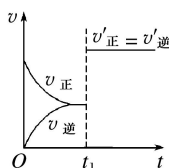
2. 催化剂对化学平衡的影响

(1) 催化剂对化学平衡的影响规律

当其他条件不变时:

催化剂不能改变达到化学平衡状态时反应混合物的组成, 但是使用催化剂能改变反应达到化学平衡所需的时间。

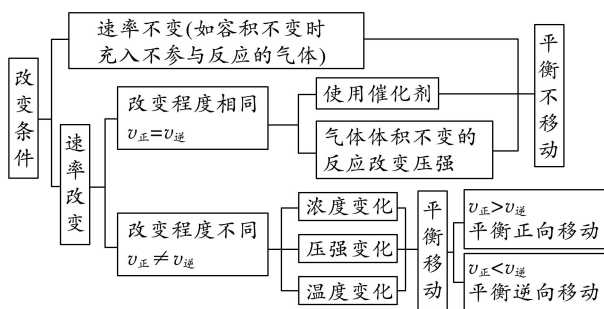
(2) 用 $v-t$ 图像分析催化剂对化学平衡的影响



t_1 时刻, 加入催化剂, $v'_{正}$ 、 $v'_{逆}$ 同等倍数增大, 则 $v'_{正} = v'_{逆}$, 平衡不移动。

提醒 ①一般说的催化剂都是指正催化剂, 即可以加快反应速率。特殊情况下, 也使用负催化剂, 减慢反应速率。

②用速率分析化学平衡移动的一般思路



【正误判断】

- (1) 温度可以影响任意可逆反应的化学平衡状态()
- (2) 催化剂能加快反应速率, 提高单位时间内的产量, 也能提高反应物的转化率()
- (3) 升高温度, 反应速率加快, 化学平衡正向移动()
- (4) 升高温度, 反应速率加快, 但反应物的转化率可能降低()
- (5) 对于可逆反应, 改变外界条件使平衡向正反应方向移动, 平衡常数一定增大()

(6)升高温度, 化学平衡常数增大()

(7)平衡移动, 平衡常数不一定改变, 但平衡常数改变, 平衡一定发生移动()

答案 (1)√ (2)× (3)× (4)√ (5)× (6)× (7)√

【深度思考】

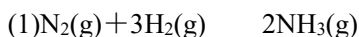
1. 反应: $A(g)+3B(g) \rightleftharpoons 2C(g) \quad \Delta H < 0$, 达平衡后, 将反应体系的温度降低, 下列叙述中正确的是()

- A. 正反应速率增大, 逆反应速率减小, 平衡向右移动
- B. 正反应速率减小, 逆反应速率增大, 平衡向左移动
- C. 正反应速率和逆反应速率都减小, 平衡向右移动
- D. 正反应速率和逆反应速率都减小, 平衡向左移动

答案 C

解析 降低温度, $v_{正}$ 、 $v_{逆}$ 均减小, 平衡向放热反应方向移动, 即平衡正向移动。

2. 改变温度可以使化学平衡发生移动, 化学平衡常数也会发生改变, 通过分析以下两个反应, 总结出温度对化学平衡常数的影响规律。



化学平衡常数 $K_1 = \frac{c^2(NH_3)}{c(N_2) \cdot c^3(H_2)}$, 升温化学平衡逆向移动, K_1 _____ (填“增大”或“减小”, 下同), ΔH _____0 (填“>”或“<”, 下同)。



化学平衡常数 $K_2 = \frac{c(CO) \cdot c(H_2O)}{c(CO_2) \cdot c(H_2)}$, 升温化学平衡正向移动, K_2 _____, ΔH _____0。

答案 (1) $\frac{c^2(NH_3)}{c(N_2) \cdot c^3(H_2)}$ 减小 <

(2) $\frac{c(CO) \cdot c(H_2O)}{c(CO_2) \cdot c(H_2)}$ 增大 >

3. 在一定体积的密闭容器中, 进行如下化学反应: $CO_2(g)+H_2(g) \rightleftharpoons CO(g)+H_2O(g)$, 其化学平衡常数 K 和温度 t 的关系如下表所示:

| $t/^\circ C$ | 700 | 800 | 830 | 1 000 | 1 200 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-------|
| K | 0.6 | 0.9 | 1.0 | 1.7 | 2.6 |

回答下列问题:

(1)该反应为_____ (填“吸热”或“放热”)反应。

(2)某温度下, 各物质的平衡浓度符合下式: $3c(CO_2) \cdot c(H_2) = 5c(CO) \cdot c(H_2O)$, 试判断此时的温度为_____。

(3)在 1 200 $^\circ C$ 时, 某时刻平衡体系中 CO_2 、 H_2 、 CO 、 H_2O 的浓度分别为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则此时上述反应的平衡_____ (填“向正反应方向”“向逆反应方向”或“不”)移动。

答案 (1)吸热 (2)700 °C (3)向逆反应方向

解析 (1)根据题干中的表格可知,随着温度的升高,平衡常数逐渐增大,说明正反应为吸热反应。

(2)某温度下,各物质的平衡浓度有如下关系 $3c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2) = 5c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$,根据该反应的平衡常数表达式 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$ 可知, $K = \frac{3}{5} = 0.6$,平衡常数只与温度有关,温度一定,平衡常数为定值,所以此时对应温度为 700 °C。

(3)1 200 °C时, $Q = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$,将各物质的浓度代入可得 $Q = 4$,而此温度下的平衡常数为 2.6,即 $Q > K$,所以平衡向逆反应方向移动。

■ 归纳总结 ■

化学平衡常数的应用

(1)判断反应进行的程度

K 值越大,该反应进行得越完全,反应物的转化率越大;反之,就越不完全,转化率越小。

(2)判断反应的热效应

①升高温度: K 值增大→正反应为吸热反应; K 值减小→正反应为放热反应。

②降低温度: K 值增大→正反应为放热反应; K 值减小→正反应为吸热反应。

(3)判断反应是否达到平衡或反应进行的方向

当 $Q = K$ 时,反应处于平衡状态;

当 $Q < K$ 时,反应向正反应方向进行;

当 $Q > K$ 时,反应向逆反应方向进行。

二、勒夏特列原理

1. 定义

如果改变影响平衡的条件之一(如温度、浓度、压强等),平衡将向着能够减弱这种改变的方向移动。

简单记忆:改变→减弱这种改变。

2. 适用范围

(1)勒夏特列原理仅适用于已达到平衡的反应体系,不可逆过程或未达到平衡的可逆过程均不能使用该原理。此外,勒夏特列原理对所有的动态平衡(如溶解平衡、电离平衡和水解平衡等)都适用。

(2)勒夏特列原理只适用于判断“改变影响平衡的一个条件”时平衡移动的方向。若同时改变影响平衡移动的几个条件,则不能简单地根据勒夏特列原理来判断平衡移动的方向,只有在改变的条件对平衡移动的方向影响一致时,才能根据勒夏特列原理进行判断。

【正误判断】

- (1)对于可逆反应,升高温度,若 $v_{正}$ 增大,则 $v_{逆}$ 减小,平衡正向移动()
- (2)勒夏特列原理适用于所有的动态平衡()
- (3)其他条件不变,若增大某反应物的浓度,则平衡向减少该物质浓度的方向移动,最终该物质的浓度减小()
- (4)光照时,氯水颜色变浅,可用勒夏特列原理解释()

答案 (1)× (2)√ (3)× (4)√

【应用体验】

1. 已知: $\text{CO}(\text{g})+\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})+\text{NO}(\text{g})$ 在一定条件下达到化学平衡后,降低温度,混合物的颜色变浅,下列关于该反应的说法正确的是_____ (填字母)。

- A. 该反应为放热反应
- B. 降温后 CO 的浓度增大
- C. 降温后 NO_2 的转化率增大
- D. 降温后 NO 的体积分数增大
- E. 增大压强混合气体的颜色不变
- F. 恒容时, 通入 He 气体, 混合气体颜色不变
- G. 恒压时, 通入 He 气体, 混合气体颜色不变

答案 ACDF

2. 在一密闭容器中发生反应: $\text{N}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$, 在某时刻达到平衡, 测得 $c(\text{N}_2)=1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 容器内压强为 p , 温度为 T 。

(1)再向容器中通入 N_2 , 使其浓度变为 $2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 并保持容积不变, 再次达到平衡时 $c(\text{N}_2)$ 的范围是_____。

(2)缩小体积至平衡时的一半, 并保持温度不变, 再次达到平衡时压强 p' 的范围是_____。

(3)迅速升温至 T_1 , 并保持容积不变, 且不与外界进行热交换, 再次达到平衡时, 温度 T' 的范围是_____。

答案 (1) $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} < c(\text{N}_2) < 2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

(2) $p < p' < 2p$ (3) $T < T' < T_1$

特别提醒 平衡移动的结果只能是“减弱”外界条件的改变, 但不能完全“消除”这种改变。可概括为“外变大于内变”。

3. 下列事实中, 不能用勒夏特列原理解释的是_____ (填字母)。

- A. 溴水中存在如下平衡: $\text{Br}_2+\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HBr}+\text{HBrO}$, 当加入 NaOH 溶液后颜色变浅
- B. 对 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}+\text{O}_2 \uparrow$ 的反应, 使用 MnO_2 可加快制 O_2 的反应速率
- C. 反应: $\text{CO}+\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2+\text{NO} \quad \Delta H < 0$, 升高温度, 平衡向逆反应方向移动

D. 合成氨反应： $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\Delta H < 0$ ，为使氨的产率提高，理论上应采取低温高压的措施

E. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ ，缩小体积加压颜色加深

答案 BE

解析 催化剂只能改变反应速率，对化学平衡的移动无影响。

■ 归纳总结 ■

勒夏特列原理只能解决与平衡移动有关的问题。不涉及平衡移动的问题都不能用勒夏特列原理解释，常见的有：

- (1) 使用催化剂不能使化学平衡发生移动；
- (2) 反应前后气体体积不变的可逆反应，改变压强可以改变化学反应速率，但不能使化学平衡发生移动；
- (3) 发生的化学反应本身不是可逆反应；
- (4) 外界条件的改变对平衡移动的影响与生产要求不完全一致的反应。

随堂演练 知识落实

1. 对于反应： $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ $\Delta H < 0$ ，当温度升高时，平衡向逆反应方向移动，其原因是()

- A. 正反应速率增大，逆反应速率减小
- B. 逆反应速率增大，正反应速率减小
- C. 正、逆反应速率均增大，但是逆反应速率增大的程度大于正反应速率增大的程度
- D. 正、逆反应速率均增大，而且增大的程度一样

答案 C

解析 升高温度，正、逆反应速率均增大，但是两者增大的程度不一样，所以升高温度后，正、逆反应速率不再相等，化学平衡发生移动。当逆反应速率增大的程度大于正反应速率增大的程度时，平衡向逆反应方向移动。

2. 下列事实不能用勒夏特列原理解释的是()

- A. 光照新制的氯水时，溶液的 pH 逐渐减小
- B. 加催化剂，使 N_2 和 H_2 在一定条件下转化为 NH_3
- C. 可用浓氨水和氢氧化钠固体快速制氨
- D. 增大压强，有利于 SO_2 与 O_2 反应生成 SO_3

答案 B

3. (2020·济南高二质检)只改变一个影响因素，平衡常数 K 与化学平衡移动的关系叙述错误的是()

- A. K 值不变，平衡可能移动
- B. K 值变化，平衡一定移动

- C. 平衡移动, K 值可能不变
 D. 平衡移动, K 值一定变化

答案 D

解析 平衡常数只与温度有关, 温度不变, 平衡也可能发生移动, 则 K 值不变, 平衡可能移动, A 正确; K 值变化, 说明反应的温度一定发生了变化, 因此平衡一定移动, B 正确; 平衡移动, 温度可能不变, 因此 K 值可能不变, C 正确; 平衡移动, 温度可能不变, 因此 K 值不一定变化, D 错误。

4. 在高温、催化剂条件下, 某反应达到平衡, 平衡常数 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$ 。恒容时, 升高温度, H_2 浓度减小。下列说法正确的是()

- A. 该反应的焓变为正值
 B. 恒温恒容下, 增大压强, H_2 浓度一定减小
 C. 升高温度, 逆反应速率减小
 D. 该反应的化学方程式为 $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{高温}]{\text{催化剂}} \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

答案 A

解析 因为 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$, 所以化学方程式为 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\text{高温}]{\text{催化剂}} \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。由升温, H_2 浓度减小知, 升温平衡右移, 所以正向吸热, 即 $\Delta H > 0$ 。

5. 在密闭容器中进行如下反应: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \xrightleftharpoons{\text{高温}} 2\text{CO}(\text{g})$

$\Delta H > 0$, 达到平衡后, 若改变下列条件, 则指定物质的浓度及平衡如何变化。

- (1) 增加 $\text{C}(\text{s})$, 则平衡_____ (填“逆向移动”“正向移动”或“不移动”, 下同), $c(\text{CO}_2)$ _____ (填“增大”“减小”或“不变”, 下同)。
 (2) 保持温度不变, 增大反应容器的容积, 则平衡_____, $c(\text{CO}_2)$ _____。
 (3) 保持反应容器的容积和温度不变, 通入 He , 则平衡_____, $c(\text{CO}_2)$ _____。
 (4) 保持反应容器的容积不变, 升高温度, 则平衡_____, $c(\text{CO})$ _____。

答案 (1) 不移动 不变 (2) 正向移动 减小 (3) 不移动 不变 (4) 正向移动 增大

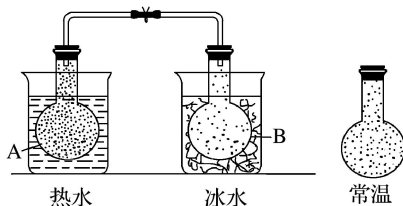
解析 (1) C 为固体, 增加 C 的量, 其浓度不变, 平衡不移动, $c(\text{CO}_2)$ 不变。(2) 增大反应容器的容积, 即减小压强, 平衡向气体体积增大的方向移动, $c(\text{CO}_2)$ 减小。(3) 通入 He , 但容积和温度不变, 平衡不会发生移动, $c(\text{CO}_2)$ 不变。(4) 容积不变, 升高温度, 平衡向吸热方向移动, $c(\text{CO})$ 增大。

课时对点练

☑对点训练

题组一 温度、催化剂对化学平衡的影响

1. 已知反应： $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ ，把 NO_2 、 N_2O_4 的混合气体盛装在两个连通的烧瓶里，然后用弹簧夹夹住橡皮管，把烧瓶 A 放入热水里，把烧瓶 B 放入冰水里，如图所示。与常温时烧瓶内气体的颜色进行对比发现，A 烧瓶内气体颜色变深，B 烧瓶内气体颜色变浅。下列说法错误的是()



- A. 上述过程中，A 烧瓶内正、逆反应速率均加快
- B. 上述过程中，B 烧瓶内 $c(\text{NO}_2)$ 减小， $c(\text{N}_2\text{O}_4)$ 增大
- C. 上述过程中，A、B 烧瓶内气体密度均保持不变
- D. 反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 的逆反应为放热反应

答案 D

解析 升高温度，正、逆反应速率都增大，A 项正确；B 烧瓶内气体颜色变浅，说明平衡向生成 N_2O_4 的方向移动，B 烧瓶内 $c(\text{NO}_2)$ 减小， $c(\text{N}_2\text{O}_4)$ 增大，B 项正确；容器的容积不变，混合气体的质量不变，A、B 烧瓶内气体密度都不变，C 项正确；放在热水中的 A 烧瓶内气体颜色变深，放在冰水中的 B 烧瓶内气体颜色变浅，说明升高温度平衡向生成 NO_2 的方向移动，降低温度平衡向生成 N_2O_4 的方向移动，故反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ 的正反应为放热反应，D 项错误。

2. 在一密闭容器中，发生可逆反应： $3\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{B} + \text{C}$ (正反应为吸热反应)，平衡时，升高温度，气体的平均相对分子质量有变小的趋势，则下列判断中正确的是()

- A. B 和 C 可能都是固体
- B. B 和 C 一定都是气体
- C. 若 C 为固体，则 B 一定是气体
- D. B 和 C 不可能都是气体

答案 C

解析 正反应吸热，升温，平衡右移。若 B、C 都为固体，则气体的相对分子质量不变，故 A 错误；若 C 为固体，B 为气体，平衡右移，气体的总质量减小，总物质的量不变，气体的平均相对分子质量减小，故 B 错误、C 正确；若 B、C 都是气体，平衡右移，气体的总质量

目增多的方向移动，即平衡向逆反应方向移动，B 错误；增大 Fe^{2+} 的浓度，平衡向正反应方向移动，C 正确；常温下加压对水溶液中的平衡移动几乎无影响，D 错误。

7. 一定温度下，在密闭容器中发生反应： $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ ，反应达到平衡时，下列说法不正确的是()

- A. 若缩小容器的体积，则容器中气体的颜色先变深后又变浅，且比原平衡颜色深
- B. 若压强不变，向容器中再加入一定量的 N_2O_4 ，再次达到平衡时各种物质的百分含量不变
- C. 若体积不变，向容器中再加入一定量的 N_2O_4 ，相对于原平衡，平衡向正反应方向移动，再次平衡时 N_2O_4 的转化率将升高
- D. 若体积不变，升高温度，再次平衡时体系颜色加深

答案 C

解析 缩小容器体积， NO_2 的浓度变大，颜色加深，平衡向左移动使混合气体颜色又变浅，但依据“减弱不消除”可知，新平衡时 NO_2 的浓度仍比原平衡大，即气体颜色比原平衡深；若压强不变，再充入 N_2O_4 气体，容器体积变大，达到新平衡与原平衡等效，因此新平衡时各物质的百分含量不变；若体积不变，向容器中再加入一定量的 N_2O_4 ，则相对于原平衡，平衡向逆反应方向移动，再次平衡时 N_2O_4 的转化率将降低；若体积不变，升温，平衡正向移动，再次平衡时体系中 NO_2 的浓度增大，气体颜色加深。

8. (2020·郑州高二检测) N_2O_5 是一种新型硝化剂，在一定温度下可以发生以下反应： $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ 。 T_1 温度时，向密闭容器中通入 N_2O_5 ，部分实验数据见下表：

| 时间/s | 0 | 500 | 1 000 | 1 500 |
|--|------|------|-------|-------|
| $c(\text{N}_2\text{O}_5)/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ | 5.00 | 3.52 | 2.50 | 2.50 |

下列说法中不正确的是()

- A. 500 s 内， N_2O_5 的分解速率为 $2.96 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$
- B. T_1 温度下的平衡常数 $K_1 = 125$ ，平衡时 N_2O_5 的转化率为 50%
- C. T_1 温度下的平衡常数为 K_1 ， T_2 温度下的平衡常数为 K_2 ，若 $T_1 > T_2$ ，则 $K_1 < K_2$
- D. 达到平衡后，其他条件不变，将容器的体积压缩到原来的 $\frac{1}{2}$ ，则再次达到平衡时，

$c(\text{N}_2\text{O}_5) > 5.00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

答案 C

解析 500 s 内， N_2O_5 的浓度变化量为 $(5.00 - 3.52) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 1.48 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ， $v(\text{N}_2\text{O}_5) = \frac{1.48 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}{500 \text{ s}} = 2.96 \times 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ；B 项，分析如下：

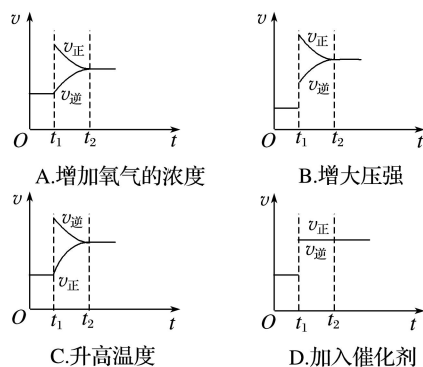
| | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|------|
| | $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$ | $4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ | |
| 起始浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ | 5.00 | 0 | 0 |
| 转化浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ | 2.50 | 5.00 | 1.25 |

平衡浓度/mol·L⁻¹ 2.50 5.00 1.25

$K_1 = \frac{c^4(\text{NO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}{c^2(\text{N}_2\text{O}_5)} = \frac{5.00^4 \times 1.25}{2.50^2} = 125$, 平衡时 N₂O₅ 的转化率为 50%; C 项, 该反应的正反应为吸热反应, 升高温度, 平衡常数增大, 故 $K_1 > K_2$; D 项, 达到平衡后, 其他条件不变, 将容器的体积压缩到原来的 $\frac{1}{2}$, 相当于增大压强, 平衡向左移动, 则 $c(\text{N}_2\text{O}_5) > 5.00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

题组三 化学平衡移动的相关图像

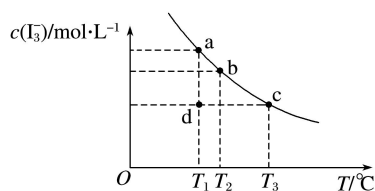
9. (2019·山东潍坊期中)对于反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 已达平衡, 在其他条件不变的情况下, 如果分别改变下列条件, 对化学反应速率和化学平衡产生的影响与图像不相符的是()



答案 C

解析 改变温度会使 $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 都发生“突变”且升温向吸热反应方向移动, 即逆向移动, $v_{\text{逆}} > v_{\text{正}}$ 。

10. I₂ 在 KI 溶液中存在下列平衡: $\text{I}_2(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{I}_3^-(\text{aq})$, 某 I₂、KI 混合溶液中, I₃⁻ 的物质的量浓度 $c(\text{I}_3^-)$ 与温度 T 的关系如图所示(曲线上任何一点都表示平衡状态)。下列说法不正确的是()



- A. 温度为 T_1 时, 向该平衡体系中加入 KI 固体, 平衡正向移动
- B. $\text{I}_2(\text{aq}) + \text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{I}_3^-(\text{aq})$ 的 $\Delta H < 0$
- C. 若 T_1 时, 反应进行到状态 d 时, 一定有 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$
- D. 状态 a 与状态 b 相比, 状态 b 时 I₂ 的转化率更高

答案 D

解析 加入 KI 固体, $c(\text{I}^-)$ 增大, 平衡正向移动, A 项正确; 由图可知, 温度越高, $c(\text{I}_3^-)$ 越小, 则升高温度, 平衡逆向移动, 正反应为放热反应, $\Delta H < 0$, B 项正确; T_1 时, 反应进行到状态 d 时, $c(\text{I}_3^-)$ 小于平衡时浓度, 则平衡向正反应方向移动, 则一定有 $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$, C 项正确; a、

b 均为平衡点, a 点温度低, 该反应为放热反应, 降低温度, 平衡正向移动, 则状态 a 时 I₂ 的转化率更高, D 项错误。

题组四 勒夏特列原理的应用

11. (2019·牡丹江第一高级中学高二月考)下列事实不能用勒夏特列原理解释的是()

①工业合成氨, 反应条件选择高温 ②实验室可以用排饱和食盐水的方法收集氯气 ③使用催化剂可加快 SO₂ 转化为 SO₃ 的速率 ④硫酸工业中, 增大 O₂ 的浓度有利于提高 SO₂ 的转化率

A. ②③

B. ②④

C. ①③

D. ①④

答案 C

解析 ①工业合成氨的反应为放热反应, 升高温度, 平衡左移, 不利于氨气的生成, 不能用勒夏特列原理解释; ②氯气溶于水的反应是一个可逆反应: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$, 因为饱和食盐水中含有大量的氯离子, 相当于在氯气溶于水的反应中增加了大量的生成物氯离子, 平衡向逆反应方向移动, 氯气溶解量减小, 可以用勒夏特列原理解释; ③催化剂不影响平衡移动, 只能加快化学反应速率, 所以不能用勒夏特列原理解释; ④增大反应物 O₂ 的浓度, 平衡向正反应方向移动, 能增大 SO₂ 的转化率, 可以用勒夏特列原理解释。综上所述, C 项符合题意。

12. (2019·山东潍坊期中)关节炎首次发作一般在寒冷季节, 原因是关节滑液中形成了尿酸钠晶体(NaUr), 易诱发关节疼痛, 其化学机理是: ① $\text{HUr}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{Ur}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ② $\text{Ur}^-(\text{aq}) + \text{Na}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaUr}(\text{s}) \quad \Delta H$ 。下列叙述错误的是()

A. 降低温度, 反应②平衡正向移动

B. 反应②正方向是吸热反应

C. 降低关节滑液中 HUr 及 Na⁺含量是治疗方法之一

D. 关节保暖可以缓解疼痛, 原理是平衡②逆向移动

答案 B

13. 下列事实中, 不能用勒夏特列原理解释的是()

A. 夏天, 打开啤酒瓶时会从瓶口逸出气体

B. 浓氨水中加入氢氧化钠固体时产生较多的刺激性气味的气体

C. 压缩氢气与碘蒸气反应的平衡混合气体, 颜色变深

D. 将盛有二氧化氮和四氧化二氮混合气体的密闭容器置于冷水中, 混合气体的颜色变浅

答案 C

解析 A 项中考查溶解平衡 $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{aq})$, 压强减小, 则平衡向逆反应方向移动, 形成大量气体逸出; B 项中考查温度、浓度、酸碱性对 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ 平衡移动的影响; D 项中考查温度对 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 的影响; C 项中颜色加深的根本原因是

体积减小, $c(\text{I}_2)$ 浓度增大, 由于是反应前后气体体积不变的反应, 不涉及平衡的移动, 则不能用勒夏特列原理解释。

综合强化

14. 现有反应: $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$, 达到平衡后, 当升高温度时, B 的转化率变大; 当减小压强时, 混合体系中 C 的质量分数减小, 则:

(1) 该反应的逆反应为_____ (填“吸热”或“放热”) 反应, 且 $m+n$ _____ (填“>” “=” 或“<”) p 。

(2) 减压使容器体积增大时, A 的质量分数_____ (填“增大” “减小” 或“不变”, 下同)。

(3) 若容积不变加入 B, 则 A 的转化率_____, B 的转化率_____。

(4) 若升高温度, 则平衡时 B、C 的浓度之比 $\frac{c(\text{B})}{c(\text{C})}$ 将_____。

(5) 若加入催化剂, 平衡时气体混合物的总物质的量_____。

答案 (1) 放热 > (2) 增大 (3) 增大 减小 (4) 减小 (5) 不变

解析 反应 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$ 达到平衡后, 升高温度时, B 的转化率变大, 说明平衡向正反应方向移动, 正反应为吸热反应; 减小压强时, 混合体系中 C 的质量分数减小, 说明平衡向逆反应方向移动, 即 $m+n > p$, A 的质量分数增大; 若容积不变加入 B, 平衡向正反应方向移动, A 的转化率增大; 升高温度, 平衡向正反应方向移动, $c(\text{C})$ 增大, $c(\text{B})$ 减小, 即 $\frac{c(\text{B})}{c(\text{C})}$

减小; 加入催化剂, 平衡不移动, 混合物的总物质的量不变。

15. 在 2 L 密闭容器内, 800 °C 时反应: $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 体系中, $n(\text{NO})$ 随时间的变化如下表:

| 时间/s | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $n(\text{NO})/\text{mol}$ | 0.020 | 0.010 | 0.008 | 0.007 | 0.007 |

(1) 800 °C, 反应达到平衡时, NO 的物质的量浓度是_____; 升高温度, NO 的浓度增大, 则该反应是_____ (填“放热”或“吸热”) 反应。

(2) 能使该反应的反应速率增大, 且平衡向正反应方向移动的是_____ (填字母)。

- a. 及时分离出 NO_2 气体 b. 适当升高温度
c. 增大 O_2 的浓度 d. 选择高效催化剂

答案 (1) $0.0035 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 放热 (2) c

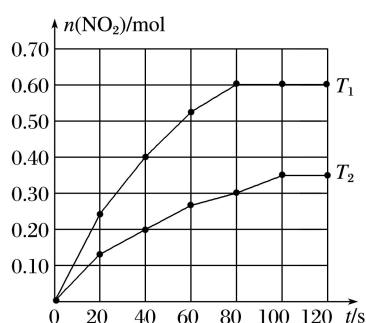
解析 (1) 平衡时, $n(\text{NO}) = 0.007 \text{ mol}$, $c(\text{NO}) = \frac{0.007 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0.0035 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。升高温度, $c(\text{NO})$

增大, 则平衡左移, 正反应是放热反应。

(2) 分离出 NO_2 气体, 反应速率减慢, 加入催化剂, 平衡不移动, 升高温度该反应向逆反应方向移动, 所以 a、b、d 均错误; 增大反应物 O_2 的浓度, 反应速率增大, 平衡向正反应方向移

动, c 正确。

16. 将 0.4 mol N_2O_4 气体充入 2 L 固定容积的密闭容器中发生如下反应: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ ΔH 。在 T_1 和 T_2 时, 测得 NO_2 的物质的量随时间的变化如图所示:



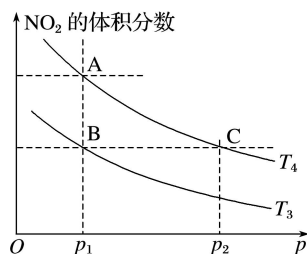
(1) T_1 时, 40~80 s 内用 N_2O_4 表示该反应的平均反应速率为 _____ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(2) ΔH _____ (填 “>” “<” 或 “=”) 0。

(3) 改变条件重新达到平衡时, 要使 $\frac{c(\text{NO}_2)}{c(\text{N}_2\text{O}_4)}$ 的值变小, 可采取的措施有 _____ (填字母, 下同)。

- A. 增大 N_2O_4 的起始浓度 B. 升高温度
C. 向混合气体中通入 NO_2 D. 使用高效催化剂

(4) 在温度为 T_3 、 T_4 时, 平衡体系中 NO_2 的体积分数随压强变化的曲线如图所示。下列说法正确的是 _____。



- A. A、C 两点的反应速率: $A > C$
B. A、B 两点 N_2O_4 的转化率: $A > B$
C. A、C 两点气体的颜色: A 深, C 浅
D. 由 A 点到 B 点, 可以用加热的方法

答案 (1) 0.001 25 (2) > (3) AC (4) B

解析 (1) T_1 时, $v(\text{N}_2\text{O}_4) = \frac{1}{2}v(\text{NO}_2) = \frac{1}{2} \times \frac{0.60 \text{ mol} - 0.40 \text{ mol}}{2 \text{ L} \times 40 \text{ s}} = 0.001 25 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(2) 由图可知反应在 T_1 比 T_2 先达到平衡状态, 所以 $T_1 > T_2$, 由于 T_1 平衡时 $n(\text{NO}_2)$ 比 T_2 平衡时的多, 故升高温度, 平衡向生成 NO_2 的方向移动, 即向吸热反应方向移动, 所以 $\Delta H > 0$ 。

(3) A 项, 增大 N_2O_4 的起始浓度相当于增大压强, 平衡向左移动, $\frac{c(\text{NO}_2)}{c(\text{N}_2\text{O}_4)}$ 减小; B 项, 升高

温度，平衡向右移动， $\frac{c(\text{NO}_2)}{c(\text{N}_2\text{O}_4)}$ 增大；C项，通入 NO_2 相当于增大压强，平衡向左移动， $\frac{c(\text{NO}_2)}{c(\text{N}_2\text{O}_4)}$

减小；D项，使用催化剂，平衡不移动， $\frac{c(\text{NO}_2)}{c(\text{N}_2\text{O}_4)}$ 不变。

(4)A项，由图可知：A、C两点平衡时温度相同，C点对应压强大，反应速率大；B项，由图可知：A、B两点平衡时压强相同，温度不同，A点 NO_2 的体积分数大于B点，而反应： $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ ，温度升高，平衡向右移动， NO_2 的体积分数增大，温度 $T_4 > T_3$ ，转化率 $A > B$ ；C项，由图像可知，A、C两点平衡时温度相同，C点对应压强大， NO_2 的浓度大，故气体颜色C点比A点深；D项，由B项分析知，A点平衡时温度 T_4 高于B点平衡时温度 T_3 ，故由A点到B点需要降低温度。