



化学平衡常数常见 考查方式全透视



◇ 北京 王春

编辑寄语:继上期推出了《例析盖斯定律在热化学知识考查中的重要应用》,本期王春老师为大家介绍另一新增考点——化学平衡常数。

有关化学平衡常数的考查在近年新课程高考试题中出现频率较高,并逐渐成为实施新课标省市的高考命题热点。为使广大读者能对该热点内容进行有效备考,现对化学平衡常数的常见考查方式归类分析。

1 化学平衡常数的含义

1) 概念

对于一定条件下的可逆反应: $m\text{A}(\text{g})+n\text{B}(\text{g})\rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})+q\text{D}(\text{g})$,达到化学平衡时,生成物浓度幂的乘积与反应物浓度幂的乘积之比为一常数,记作 K ,称为化学平衡常数(或浓度平衡常数)。数学表达式为

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

2) 几点说明

① 化学平衡常数的大小受温度影响,不受反应物或生成物的浓度影响,但与化学方程式的书写有关,因此,说明平衡常数的大小时,必须指明温度与具体反应的化学方程式。

② 计算平衡常数时,使用的浓度必须是平衡时各物质的浓度,有纯固体或纯溶剂参加的反应,它们的浓度不列入平衡常数的表达式。

③ 一定条件下,平衡常数可反映化学反应进行的程度。平衡常数越大该反应进行的程度越大,越完全,反应物的转化率越大;反之,转化率越小,越不完全。

④ 对于上述可逆反应在任意状态下,生成物浓度和反应物浓度之间的关系为 $Q_c = \frac{c^p(\text{C}) \cdot c^q(\text{D})}{c^m(\text{A}) \cdot c^n(\text{B})}$,称为浓度熵。当 $Q_c = K$ 时,反应处于平衡状态;当 $Q_c < K$ 时,反应向正反应方向进行;当 $Q_c > K$ 时,反应向逆反应方向进行。

2 化学平衡常数常见考查方式归类例析

1) 化学平衡常数表达式书写的考查

例 1 对于 $3\text{Fe}(\text{s})+4\text{H}_2\text{O}(\text{g})\rightleftharpoons\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})+4\text{H}_2(\text{g})$,反应的化学平衡常数的表达式为()。

A $K = \frac{c(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{Fe}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}$;

B $K = \frac{c(\text{Fe}_3\text{O}_4) \cdot [c(\text{H}_2)]^4}{c(\text{Fe}) \cdot [c(\text{H}_2\text{O})]^4}$;

C $K = \frac{[c(\text{H}_2\text{O})]^4}{[c(\text{H}_2)]^4}$

D $K = \frac{[c(\text{H}_2)]^4}{[c(\text{H}_2\text{O})]^4}$ 。



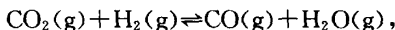
解析

依据可逆反应平衡常数表达式的书写容易选择 B,但应注意 Fe 和 Fe_3O_4 为固态,其浓度视为“1”,不出现在表达式中,因此正确的平衡常数表达式应为 D。

答案 D。

2) 用化学平衡常数判断化学反应热效应的考查

例 2 在一定体积的密闭容器中,进行如下化学反应:



其化学平衡常数 K 和温度 t 的关系如下表,请回答下列问题:

$t/^\circ\text{C}$	700	800	830	1 000	1 200
K	0.6	0.9	1.0	1.7	2.6

(1)该反应的化学平衡常数 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)该反应为 反应。(填“吸热”或“放热”)

(3)某温度下,平衡浓度符合下式:

$$c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2) = c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O}),$$

试判断此时的温度为 $^\circ\text{C}$ 。



解析

由平衡常数定义知,该反应的化学平衡常数 K 的表达式 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$;可逆反应的平衡常数一般只随温度的改变而改变,吸热反应的平衡常数随温度升高而增大,放热反应的平衡常数随温度升高而减小;由表中数据知该反应的 K 随温度的升高而增大,可推知升高温度,平衡向正反应方向移动,所以该反应为吸热反应。

由 $K = \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$,将

$$c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2) = c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})$$

代入得 $K = 1$,进而查表中数据可知此温度为 830°C 。

答案 (1) $\frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}$;

(2) 吸热; (3) 830。



3) 用化学平衡常数判断化学反应移动方向的考查

例 3 在密闭容器中进行如下反应： $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ ， SO_2 的起始浓度是 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， O_2 的起始浓度是 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。当 SO_2 的转化率为 80% 时，反应达到平衡状态。

(1) 若将平衡时反应混合物的压强增大 1 倍，平衡将如何移动？

(2) 若将平衡时反应混合物的压强减到原来的 1/2，平衡将如何移动？

	$2\text{SO}_2(\text{g})$	$+$	$\text{O}_2(\text{g})$	\rightleftharpoons	$2\text{SO}_3(\text{g})$
起始时	0.4		1		0
平衡时	$0.4(1-80\%)$		$1-\frac{1}{2} \times 0.4$		$0.4 \times 80\%$

求得平衡常数： $K = \frac{0.32^2}{0.08 \times 0.84} = \frac{400}{21}$

(1) 压强增大 1 倍，各组分的浓度增大 1 倍，

$$Q_c = \frac{0.64^2}{(0.16^2 \times 1.68)} = \frac{200}{21} < \frac{400}{21}$$

即 $Q_c < K$ ，所以平衡向正反应方向移动。

(2) 压强减到原来的 1/2，各组分的浓度也减到原来的 1/2，

$$Q_c = \frac{0.16^2}{0.04^2 \times 0.42} = \frac{800}{21} > \frac{400}{21}$$

即 $Q_c > K$ ，所以平衡向逆反应方向移动。

答案 (1) 向正反应方向移动；

(2) 向逆反应方向移动。

4) 用化学平衡常数求物质转化率的考查

例 4 在密闭容器中，将 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ CO}$ 和 $0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$ 混合加热到 773 K 时，达到下列平衡： $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ， $K=9$ ，求 CO 的转化率。

设转化 CO 的浓度为 x ，由题意知：

	$\text{CO}(\text{g})$	$+$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	\rightleftharpoons	$\text{CO}_2(\text{g})$	$+$	$\text{H}_2(\text{g})$
起始浓度 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.020		0.020		0		0
转化浓度 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	x		x		x		x
平衡浓度 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	$0.020-x$		$0.020-x$		x		x

则 $K = \frac{c(\text{CO}_2) \cdot c(\text{H}_2)}{c(\text{CO}) \cdot c(\text{H}_2\text{O})} = \frac{x^2}{(0.020-x)^2} = 9$ ，

解得 $x=0.015$ ，故转化率

$$\alpha(\text{CO}) = \frac{0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 75\%$$

答案 75%。

5) 化学平衡常数与化学平衡图像知识综合的考查

例 5 在某一容积为 2 L 的密闭容器内，加入 0.8 mol H_2 和 0.6 mol I_2 ，在一定条件下发生如下反应： $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ ； $\Delta H < 0$ 。反应中各物质的浓度随时间变化情况见图 1、2。

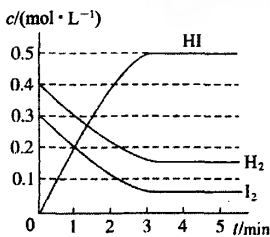


图 1

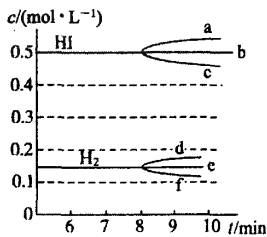


图 2

(1) 该反应的化学平衡常数表达式为_____。

(2) 根据图 1 数据，反应开始至达到平衡时，平均速率 $v(\text{HI})$ 为_____。

(3) 反应达到平衡后，第 8 分钟时：

① 若升高温度，化学平衡常数 K _____ (填“增大”“减小”或“不变”)。HI 浓度的变化正确的是_____ (用图 2 中 a~c 的编号回答)。

② 若加入 I_2 ， H_2 浓度的变化正确的是_____ (用图 2 中 d~f 的编号回答)。



(1) 由平衡常数的计算公式得

$$K = \frac{c^2(\text{HI})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2)}$$

(2) 达到平衡时，

$$c(\text{HI}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, t = 3 \text{ min}$$

根据化学反应速率公式

$$v(\text{HI}) = 0.167 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

(3) 该反应为放热反应，升温则平衡左移，由 $K = \frac{c^2(\text{HI})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2)}$ 分析可知， K 减小，HI 浓度的变化如 c，加入 I_2 ，增加反应物会使另一反应物的转化率增大，则 H_2 浓度的变化如 f。

答案 (1) $K = \frac{c^2(\text{HI})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{I}_2)}$ ；

(2) $0.167 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

(3) ① 减小，c， ② f。

(作者单位：中国人民大学附属中学)