

等效平衡问题图形模式思维及一般规律

重庆市彭水县民族中学 409600 何昌奎

化学平衡问题在高中化学的教学中由于涉及到化学平衡体系多个比较参数的改变,使学生在学时较难掌握。本文试图通过简单的图形模式和题型的示例,得出一些规律,有助这类问题的理解。

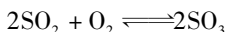
一、等效平衡的含义

从普通意义讲,对于一个可逆反应只要平衡体系中相同组分具有相同的百分含量,则这些平衡体系互为等效平衡。然而任何平衡体系都是建立在一定条件(如各物质的物质的量浓度、物质的状态、温度、压强、体积等)之下的,涉及多个比较参数。从高中化学教学上来看,等效平衡通常涉及的有恒定温度、恒定体积的等效平衡和恒定温度、恒定压强的等效平衡。一般不涉及改变温度问题。

二、恒定温度、恒定体积,即温度不变,体积不变的等效平衡问题

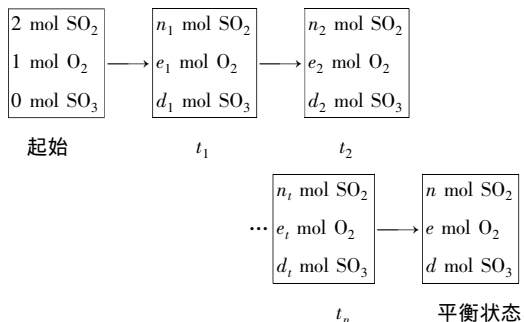
1. 反应前后气体分子数不相等的可逆反应

例 1 在一定温度下,把 2 mol SO₂ 和 1 mol O₂ 通入一定容积的密闭容积中,发生反应:



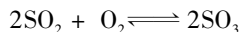
当反应进行到一定程度时达到平衡状态。维持温度不变,用 a 、 b 、 c 分别代表初始加入的 SO₂、O₂、SO₃ 的物质的量。如果 a 、 b 、 c 取不同的数值,它们必须满足一定的关系,才能保证达平衡时反应混合物中三种气体的百分含量仍和上述平衡完全相同。完成下列问题:(1)若 $a=0$ $b=0$,则 $c=$ ____; (2)若 $a=0.5$ 则 $b=$ ____ $c=$ ____。(3) a 、 b 、 c 必须满足的条件_____。

解析 原平衡状态达到过程示意:



实际上图中任一时刻均可看作是初始时各物质的物质的量。由于该反应是气体分子数发生改变的反应,压强的改变必将引起化学平衡的移动,因此过程中的任一时刻按反应式中计量数关系换算成单边物质的量时均与原平衡相同时,才能与原平衡等效。

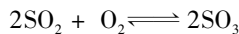
(1) 若 $a=0$ $b=0$, 则 $c=2 \text{ mol}$ 。



原起始: 2 mol 1 mol 0

若 0 0 2 mol

(2) 若 $a=0.5$, 则 $b=0.25 \text{ mol}$ $c=1.5 \text{ mol}$

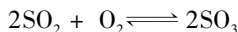


原起始: 2 mol 1 mol 0

若 0.5 mol b mol c mol

则: $c+0.5=2$ $b+\frac{1}{2}c=1$ $c=1.5$ $b=0.25$

(3) a 、 b 、 c 必须满足的条件:



原始: 2 1 0

a b c

假设: SO₃ 完全转化, $c \rightarrow 0$, 则 SO₂ 和 O₂ 满足

$$\begin{cases} a+c=2 \\ b+\frac{1}{2}c=1 \end{cases}$$

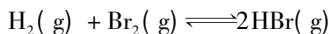
同理 $b \rightarrow 0$, 则

$$\begin{cases} 2b+c=2 \\ a-2b=0 \end{cases} \text{ 或 } a \rightarrow 0 \begin{cases} b-\frac{1}{2}a=0 \\ a+c=2 \end{cases}$$

规律 气体分子数前后不相等的可逆反应达平衡时,只要换算成对应物质的物质的量与原平衡相同时,则等效。

2. 反应前后气体分子数相等的可逆反应

例 2 在一体积不变的密闭容器中,在一定的温度下进行反应:



已知加入 1 mol H₂ 和 2 mol Br₂ 时,达平衡状态后生成 a mol HBr。在相同条件下,且保持平衡时各

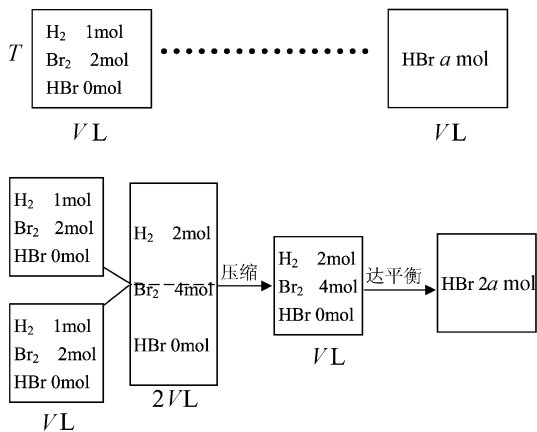
组分的百分含量不变,对下列(1) - (3) 状态填表。

编号	起始状态/mol			平衡状态/mol
	H ₂	Br ₂	HBr	HBr
已知	1	2	0	a
(1)	2	4	0	
(2)			1	0.5a
(3)	m	n	n ≥ 2m	

解析 由于反应前后气体分子数不变,故恒温下,改变压强平衡不移动,因此只要与原平衡比较,起始物质的物质的量的比例与原平衡相同,则等效。

设:温度一定,体积为 VL。

已知:



(2)

	$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$	平衡时 HBr(mol)
起始:	1 mol 2mol 0	a
	x y 1 mol	0.5a
	$x + \frac{1}{2}$ $y + \frac{1}{2}$ 0	0.5a
故	$\frac{1}{x + \frac{1}{2}} = \frac{a}{0.5a} \quad x=0; \quad \frac{2}{y + \frac{1}{2}} = \frac{a}{0.5a} \quad y=0.5$	

	$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$	平衡时 HBr(mol)
已知:	1 mol 2mol 0	a
	m n f	w
	$m + \frac{1}{2}f \quad n + \frac{1}{2}f \quad f \rightarrow 0$	

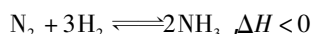
$$\text{则: } \frac{m+0.5f}{n+0.5f} = \frac{1}{2} \quad f=2(n-2m) \quad n \geq 2m$$

$$\text{又由: } \frac{m+0.5f-0.5w}{1-0.5a} = \frac{w}{a} \quad \text{则 } w = (n-m)a \text{ (mol)}$$

规律:定温、定容下,气体分子数目前后相等的可逆反应。只要换算成对应物的物质的量的比例与原平衡相同则等效。

三、恒定温度、恒定压强的等效平衡

例 3 在一定温度下,把 2 体积 N₂ 和 6 体积 H₂ 通入一带活塞的体积不变的容器中,活塞一端与大气相通,发生如下反应:



若反应达平衡后,得混合气体体积为 7 体积。设 a、b、c 分别代表 N₂、H₂、NH₃ 的初始加入体积,如果反应达平衡后,混合气体中各物质的体积分数均与上述平衡完全相同,那么:

(1) 若 a = 1, c = 2, 则 b = _____, 此时反应起始将向 _____ 反应方向进行。规定起始向逆向进行,则 c 的范围 _____。

(2) 在装置中,若控制平衡混合气体为 6.5 体积,可采取的措施 _____, 原因 _____。

解析 该题是典型的等温、等压的等效平衡问题,只要按化学计量数换算成与原平衡中告知物质的物质的量的比例相同,则平衡等效。

	$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$
原起始:	2 6 0
若	1 b 2
则	$1 + 2 \times \frac{1}{2} \quad b + 2 \times \frac{3}{2} \quad 0$

$$\frac{1 + 2 \times \frac{1}{2}}{b + 2 \times \frac{3}{2}} = \frac{2}{6} \quad b = 3$$

因为: 6 + 2 - 7 = 1, V(NH₃) = 1 < 2 的量故逆向移动。

因 2 体积 N₂ 6 体积 H₂, 产生 NH₃ 的最大趋于 4 体积, 故 1 < c < 4。

(2) 因 6.5 < 7, 而压强不变, 只能降温。

规律:定温、定压下的等效平衡问题,只要能换算成告知原平衡中物质的物质的量的比,即比例相同,与原平衡等效。