

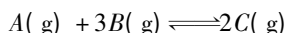
方法与技巧 化学平衡中隔板问题的归类与解法点拨

黑龙江省大庆市铁人中学 163411 王福才
黑龙江省大庆市第五十六中学 163813 卢国锋

平衡隔板题,是指通过密闭容器,被隔板一分为二相关问题的解答,考查化学平衡核心概念的一类试题。因涉及化学平衡移动、阿伏加德罗定律、物质的量等综合性知识,成为中学的难点问题。本文对平衡隔板题进行归类研究,形成解决此类问题的有效策略。

类型一:中间隔板固定型

例1 如图1所示,隔板I固定不动,活塞II可自由移动。M、N两个容器均发生如下反应:



(1) 向M、N中,各通入1 mol A和3 mol B。初始M、N容积相同,并保持温度不变。则到达平衡时A的转化率

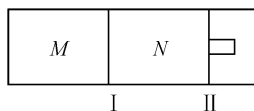


图1

$\alpha(A)_M$ ____ $\alpha(A)_N$ 。A的体积分数 $x(A)_M$ ____ $x(A)_N$ 。

(2) 向M、N中,各通入 x mol A和 y mol B,初始M、N容积相同,并保持温度不变。若要平衡时保持A气体在M、N两容器中的体积分数相等,则起始通入容器中的A的物质的量 x mol与B的物质的量 y mol之间必须满足的关系式为 ____。

(3) 某条件下,反应 $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 在容器N中达到平衡,测得容器中含有: A. 1.0 mol; B. 0.4 mol; C. 0.4 mol。此时容积为2.0 L,则此条件下的平衡常数为 ____;保持温度和压强不变,向此容器内通入0.36 mol A,平衡将 ____ (填“正向”、“逆向”或“不”)移动,用简要的计算过程说明理由 ____。

解决之道 ①定条件,隔板固定活塞可移动,活塞自由移动,使其容器保持恒压。隔板导热表明温度会相同,隔板不能传导热量表明容器为绝热,考虑反应热与温度的关系。

②联规律,运用阿伏加德罗定律及推论,联系隔板与活塞营造的条件,同温同体积时: $p_1 : p_2 =$

$n_1 : n_2$,同温同压时: $V_1 : V_2 = n_1 : n_2$ 。

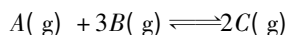
③析平衡,隔板两端充入反应物相同还是不同,反应特点是体积缩小增大或不变,放热或吸热反应。

④思问题,恒容与恒压比较物理量,转化思维方式,借等效思想设计比较方案。

⑤列数据,“三行式”用于化学平衡中的隔板问题的计算,使数据关系变得简单易懂。

解题过程 (1) $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 是一个气体总物质的量减小的反应。M为恒容状态,因为同温同体积时: $p_1 : p_2 = n_1 : n_2$ 达到平衡时 n (总)减小,故压强减小,相对于恒压状态(N)平衡反应向左移动。故M中A的转化率小于N中A的转化率, M中A的体积分数大。

(2) M、N分别是恒容和恒压条件,由于反应前后的气体化学计量数不等,所以两个平衡态也不一样。要让M、N中平衡时A的体积分数一样,那么只能是M或N中,反应前后不论限度多少, A的体积分数始终为定值。



起始: $x \quad y \quad 0$

反应: $z \quad 3z \quad 2z$

平衡: $x-z \quad y-3z \quad 2z$

$$\frac{x}{x+y} = \frac{x-z}{x+y-2z} \text{ 则得关系式: } x=y$$

$$(3) K = (0.2 \text{ mol/L})^2 / [0.5 \text{ mol/L} \times (0.2 \text{ mol/L})^3] = 10$$

原平衡体系中2.0 L容器中含有分子 $1.0 + 0.4 + 0.4 = 1.8$ mol,当加入A,体系瞬间有分子 $1.8 + 0.36 = 2.16$ mol。N容器恒温、恒压,则容器体积比 = 气体的物质的量比,即: $2.16 / 1.8 = V / 2.0$ 瞬间总体积(V)变为 $2.16 \times 2.00 / 1.8 = 2.4$ L,

$$Q = \frac{c(C)^2}{c(A)c(B)^3} = \frac{(\frac{n_C}{V})^2}{(\frac{n_A}{V})(\frac{n_B}{V})^3} = \frac{(n_C)^2(V)^2}{(n_A)(n_B)^3}$$

$$= \frac{(0.4)^2 (2.4)^2}{(1.36)(0.4)^3} = 10.6 > 10$$

平衡要逆向移动, 即 $v(\text{正}) < v(\text{逆})$ 。

类型二: 中间隔板移动型

例 2 在一容积固定的反应器中, 有一可左右滑动的密封隔板, 两侧分别进行如图 2 所示的反应。

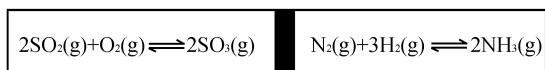


图 2

(1) 若起始时左侧投入 2 mol SO_2 、1 mol O_2 右侧投入 1 mol N_2 、4 mol H_2 达到平衡后, 隔板是否可能处于中央位置? ____ (填“可能”或“不可能”)。

(2) 若起始时左侧投入 2 mol SO_2 、1 mol O_2 , 右侧投入 1 mol N_2 、2 mol H_2 达到平衡后, 隔板处于中央位置, 则 SO_2 的转化率与 N_2 的转化率之比为 ____。

(3) 若起始时投入 2 mol SO_2 、1 mol O_2 , 欲用简单方法粗略测定平衡时 SO_2 的转化率, 则可将左侧的平衡混合气体中通入足量的 ____ (填序号)

- A. 氢氧化钠溶液 B. 氯化钡溶液
C. 98.3% 的浓硫酸 D. 硝酸钡溶液

(4) 若起始时投入 2 mol SO_2 、1 mol O_2 、1 mol N_2 、 a mol H_2 、0.1 mol NH_3 , 起始时右侧体积小于左侧体积, 当 a 值在一定范围内变化时, 均可通过调节反应器温度, 使左右两侧反应都达到平衡, 且平衡时隔板处于中央, 此时 SO_2 的转化率与 N_2 的转化率之比为 5:1, 求 a 的取值范围。

解决之道 ①定条件, 隔板静止不动, 左右两室压强相等。

②联规律, 隔板在中央, 左右两室气体的物质的量相等, 隔板移动方向由两室气体的物质的量决定, 即同温同压时: $V_1:V_2 = n_1:n_2$ 。

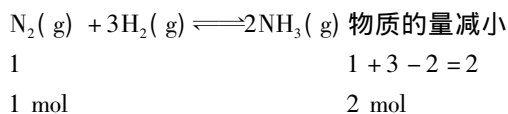
③析平衡, 隔板两端充入反应物一般不同, 要关注反应特点, 特别是反应前后化学计量数不变的反应。

④思问题, 调节物质的量控制反应进行的方向问题, 从比较容器两侧物质的量大小入手。

⑤推极端, 求最大值或最小值时, 把研究化学

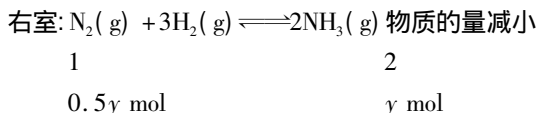
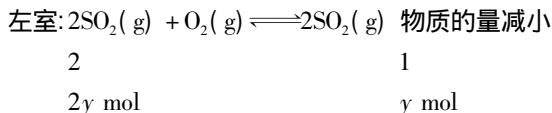
平衡过程, 假设为能够完全进行到底的极限情况, 使含混不清的问题变得简单明了。

解题过程 (1) 隔板处于中央, 则左、右两室中混合气体的总物质的量相等, 若右室中氮气完全转化时, 右室中混合气体物质的量达极小值



右室中氮气完全转化, 混合气体物质的量 = 1 + 4 mol - 2 mol = 3 mol, 左室中没有反应时, 混合气体总物质的量最大值 3 mol, 平衡时, 右室中气体总物质的量大于左室, 隔板不可能处于中央。

(2) 达到平衡后, 隔板仍处于中央, 则左、右两室中混合气体的总物质的量相等, 即左、右两室混合气体物质的量减少量相等, 假定减少量为 y mol, 则:



SO_2 与 N_2 转化率之比为:

$$\frac{2y \text{ mol}}{2 \text{ mol}} : \frac{0.5y \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = 2:1$$

(3) 混合气体中 SO_2 、 SO_3 总物质的量为 2 mol, 所用试剂能够确定 SO_2 、 SO_3 的质量, 则可以测定平衡时 SO_2 的转化率。利用氢氧化钠溶液增重, 可以测定 SO_2 、 SO_3 总质量; 氯化钡溶液吸收 SO_3 得到硫酸钡沉淀; 98.3% 的浓硫酸吸收 SO_3 ; 硝酸钡溶液吸收 SO_3 得到硫酸钡沉淀, 同时有硝酸生成, 可以氧化 SO_2 , 得到硫酸钡沉淀, 不能确定 SO_2 或 SO_3 的质量。

(4) 起始时右侧体积小于左侧体积, 右室混合气体总物质的量小于左室中混合气体总物质的量, 则: $2 \text{ mol} + 1 \text{ mol} > 1 \text{ mol} + a \text{ mol} + 0.1 \text{ mol}$, 解得 $a < 1.9$ 。

左右两侧反应都达到平衡, 且平衡时隔板处于中央, 则左、右两室中混合气体的总物质的量相等, 令氮气的转化率为 b , 则二氧化硫转化率为 $5b$, 则:

左室: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 物质的量减小
 2 1

$2 \text{ mol} \times 5b \quad 5b \text{ mol}$

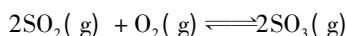
右室: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 物质的量减小
 1 3 2

$b \text{ mol} \quad 3b \quad 2b \text{ mol}$

$2 \text{ mol} + 1 \text{ mol} - 5b \text{ mol} = 1 \text{ mol} + a \text{ mol} + 0.1 \text{ mol} - 2b \text{ mol}$, $1.9 - 3b = a$, 由于是可逆反应, $5b \times 2 < 2, b \times 3 < a$, 联立得 $a > 1.3$, 综上所述, 可得 $1.3 < a < 1.9$ 。

类型三: 隔板活塞双动双定型

例3 如图3所示, 甲、乙之间的隔板 K 和活塞 F 都可左右移动, 甲中充入 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 , 乙中充入 2 mol SO_3 和 1 mol He , 此时 K 停在 0 处。在一定条件下发生可逆反应:



反应达到平衡后, 再恢复至原温度, 回答下列问题:

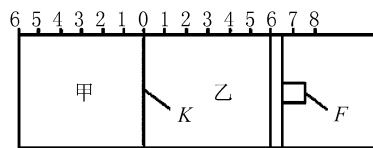


图3

(1) 若固定隔板 K , 能表示甲容器中一定达到化学平衡的是 _____。

- A. 甲中气体的总压强不变
- B. 各气体的物质的量浓度不变
- C. 混合气体的平均摩尔质量不变
- D. 混合气体的密度不变
- E. 反应速率 $v(\text{SO}_2) = v(\text{SO}_3)$

(2) 达到平衡后隔板 K 是否可能处于 0 刻度 _____(填“可能”或“不可能”)。若 K 最终停留在 0 刻度左侧 a 处, 则 a 一定小于 _____。

(3) 若平衡时 K 最终停留在左侧刻度 1 处, 则甲中 SO_3 的物质的量为 _____ mol, 乙中 SO_3 的转化率 _____ 50% (填“>”、“<”或“=”)。活塞 F 最终停留在右侧刻度 _____ 处(填下列序号: ① < 6 ② > 6 ③ = 6)。

(4) 若一开始就将 K, F 固定, 其他条件均不变, 甲平衡后压强变为开始压强的 0.8 倍, 则甲、

乙都达到平衡后, 两容器的压强之比为 $p_{\text{甲}}:p_{\text{乙}} =$ _____。

解决之道 ①定条件, 隔板与活塞都可移动时, 可选择恒温恒压条件下 $V_1:V_2 = n_1:n_2$ 。隔板与活塞都可固定时, 可选择恒温恒容条件下 $p_1:p_2 = n_1:n_2$ 。

②辩特征, 可逆反应中化学平衡的建立与途径无关, 结合投料与条件判断化学平衡, 是等同平衡还是相似平衡, 采取“一边倒全等”或“一边倒比相同”的解决策略。

解题过程 (1) 固定隔板 K , 甲容器相当于恒温恒容的容器, 可做化学平衡标志的物理量, 要求平衡前后是发生变化的。反应物都为气体, 容积保持不变, 混合气体的密度始终不变, 不能由此依据判断是否达到平衡, 其它说法均可说明反应达到化学平衡。

(2) 乙容器活塞可移动保持恒温恒压, $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, 反应是气体体积减小的反应, 隔板一定发生滑动, 达到平衡后隔板 K 不可能处于 0 刻度; 甲中充入 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 , 反应向正反应方向移动, 甲中压强降低, 最多能转化为 2 mol SO_3 , 由于反应是可逆反应, 所以 SO_3 的物质的量在 $0 \sim 2 \text{ mol}$ 之间, 依据 $V_1:V_2 = n_1:n_2$, $3:6 = 2:V$, $V=4$, 达到平衡后, 隔板 K 不再滑动, 最终停留在左侧刻度 $0 \sim 2$ 之间, 故 a 小于 2 。

(3) “隔板 K 最终停留在左侧 1 处”说明反应后气体体积为 5 格, 左边气体减少了 0.5 mol , 即平衡后物质的量为 2.5 mol , 设参加反应的二氧化硫的物质的量为 $2x$, $2 - 2x + 1 - x + 2x = 2.5$, $x = 0.5 \text{ mol}$, 甲中二氧化硫的转化率为 50% , 生成三氧化硫物质的量为 1 mol ; 乙容器不充入氦气, 甲与乙是等效平衡, 三氧化硫体积分数相同, 恒压充入氦气, 相当于减压, $2\text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 平衡向右移动了, 故其转化率大于 50% ; 左边气体减少了 0.5 mol , 右边增加物质的量大于 0.5 mol , F 活塞右移, 活塞 F 最终停留在右侧刻度大于 6 处。

(4) 恒温、体积固定, 两边达到平衡的状态相同, 乙中的氦气对平衡无影响; 甲平衡后压强变为开始压强的 0.8 倍, 即平衡后甲容器中气体 2.4 mol , 乙容器中气体 3.4 mol , 所以压强之比 $12:17$ 。

(收稿日期: 2014-06-04)