

## 2019 届高考化学精准培优专练

### 培优点十五 等效平衡的三种情况

#### 一. 等效平衡的三种情况

##### 1. 恒温恒容—( $\Delta n(g) \neq 0$ ) 投料换算成相同物质表示时量相同

典例 1. 在一定温度下, 把  $2\text{mol SO}_2$  和  $1\text{mol O}_2$  通入一定容积的密闭容器中, 发生如下反应,  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$ , 当此反应进行到一定程度时反应混合物就处于化学平衡状态。现在该容器中维持温度不变, 令  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别代表初始时加入的  $\text{SO}_2(g)$ 、 $\text{O}_2(g)$ 、 $\text{SO}_3(g)$  的物质的量( $\text{mol}$ ), 如果  $a$ 、 $b$ 、 $c$  取不同的数值, 它们必须满足一定的相互关系, 才能保证达到平衡状态时, 反应混合物中三种气体的百分含量仍跟上述平衡完全相同。请填空:

(1) 若  $a=0$ ,  $b=0$ , 则  $c=$ \_\_\_\_\_。

(2) 若  $a=0.5$ , 则  $b=$ \_\_\_\_\_,  $c=$ \_\_\_\_\_。

(3)  $a$ 、 $b$ 、 $c$  的取值必须满足的一般条件是\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_。(请用两个方程式表示, 其中一个只含  $a$  和  $c$ , 另一个只含  $b$  和  $c$ )

**【解析】**通过化学方程式:  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$  可以看出, 这是一个化学反应前后气体分子数不等的可逆反应, 在定温、定容下建立的同一化学平衡状态。起始时, 无论怎样改变  $\text{SO}_2(g)$ 、 $\text{O}_2(g)$ 、 $\text{SO}_3(g)$  的物质的量, 使化学反应从正反应开始, 还是从逆反应开始, 或者从正、逆反应同时开始, 它们所建立起来的化学平衡状态的效果是完全相同的, 即它们之间存在等效平衡关系。我们常采用“等价转换”的方法, 分析和解决等效平衡问题。(1) 若  $a=0$ ,  $b=0$ , 这说明反应是从逆反应开始, 通过化学方程式  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$  可以看出, 反应从  $2\text{mol SO}_3$  开始, 通过反应的化学计量数之比换算成  $\text{SO}_2$  和  $\text{O}_2$  的物质的量 (即等价转换), 恰好跟反应从  $2\text{mol SO}_2$  和  $1\text{mol O}_2$  的混合物开始是等效的, 故  $c=2$ 。(2) 由于  $a=0.5 < 2$ , 这表示反应从正、逆反应同时开始, 通过化学方程式  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$  可以看出, 要使  $0.5\text{mol SO}_2$  反应需要同时加入  $0.25\text{mol O}_2$  才能进行, 通过反应的化学计量数之比换算成  $\text{SO}_3$  的物质的量 (即等价转换) 与  $0.5\text{mol SO}_3$  是等效的, 这时若再加入  $1.5\text{mol SO}_3$  就与起始时加入  $2\text{mol SO}_3$  是等效的, 通过等价转换可知也与起始时加入  $2\text{mol SO}_2$  和  $1\text{mol O}_2$  是等效的。故  $b=0.25$ ,  $c=1.5$ 。(3) 题中要求  $2\text{mol SO}_2$  和  $1\text{mol O}_2$  要与  $a \text{ mol SO}_2$ 、 $b \text{ mol O}_2$  和  $c \text{ mol SO}_3$  建立等效平衡。由化学方程式  $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$  可知,  $c \text{ mol SO}_3$  等价转换后与  $c \text{ mol SO}_2$  和  $0.5c \text{ mol O}_2$  等效, 即是说,  $(a+c) \text{ mol SO}_2$  和  $(b+0.5c) \text{ mol O}_2$  与

$a \text{ mol SO}_2$ 、 $b \text{ mol O}_2$  和  $c \text{ mol SO}_3$  等效，那么也就是与  $2 \text{ mol SO}_2$  和  $1 \text{ mol O}_2$  等效。故有  $a+c=2$ ， $b+0.5c=1$ 。

**【答案】** (1)  $c=2$

(2)  $b=0.25$ ， $c=1.5$

(3)  $a+c=2$ ， $b+0.5c=1$

## 2. 恒温恒容— ( $\Delta n(g)=0$ ) 投料换算成相同物质表示时等比例

典例 2. 在一个固定容积的密闭容器中，保持一定的温度进行以下反应：

$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$ ；已知加入  $1 \text{ mol H}_2$  和  $2 \text{ mol Br}_2$  时，达到平衡后生成  $a \text{ mol HBr}$ （见下表已知项），在相同条件下，且保持平衡时各组分的体积分数不变，对下列编号①~③的状态，填写下表中的空白。

已知 编号	起始状态时物质的量 n (mol)			平衡时 HBr 的物质的量 n (mol)
	$\text{H}_2$	$\text{Br}_2$	HBr	
	1	2	0	a
①	2	4	0	
②			1	0.5a
③	m	$g(g \geq 2m)$		

**【解析】** 在定温、定容下  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$  建立起化学平衡状态，从化学方程式可以看出，这是一个化学反应前后气体分子数相等的可逆反应。根据“等价转换”法，通过反应的化学计量数之比换算成同一边物质的物质的量之比与原平衡相同，则达到平衡后与原平衡等效。①因为标准项中  $n(\text{H}_2)_{\text{起始}} : n(\text{Br}_2)_{\text{起始}} : n(\text{HBr})_{\text{平衡}} = 1 : 2 : a$ ，将  $n(\text{H}_2)_{\text{起始}} = 2 \text{ mol}$ ， $n(\text{Br}_2)_{\text{起始}} = 4 \text{ mol}$ ，代入上式得  $n(\text{HBr})_{\text{平衡}} = 2a$ 。②参照标准项可知， $n(\text{HBr})_{\text{平衡}} = 0.5a \text{ mol}$ ，需要  $n(\text{H}_2)_{\text{起始}} = 0.5 \text{ mol}$ ， $n(\text{Br}_2)_{\text{起始}} = 1 \text{ mol}$ ， $n(\text{HBr})_{\text{起始}} = 0 \text{ mol}$ 。而现在的起始状态，已有  $1 \text{ mol HBr}$ ，通过等价转换以后，就相当于起始时有  $0.5 \text{ mol H}_2$  和  $0.5 \text{ mol Br}_2$  的混合物，为使  $n(\text{H}_2)_{\text{起始}} : n(\text{Br}_2)_{\text{起始}} = 1 : 2$ ，则需要再加入  $0.5 \text{ mol Br}_2$  就可以达到了。故起始时  $\text{H}_2$  和  $\text{Br}_2$  的物质的量应为  $0 \text{ mol}$  和  $0.5 \text{ mol}$ 。③设起始时 HBr 的物质的量为  $x \text{ mol}$ ，转换成  $\text{H}_2$  和  $\text{Br}_2$  后，则  $\text{H}_2$  和  $\text{Br}_2$  的总量分别为  $(m+0.5x) \text{ mol}$  和  $(g+0.5x) \text{ mol}$ ，根据  $(m+0.5x) : (g+0.5x) = 1 : 2$ ，解得  $x=2(g-2m)$ 。设平衡时 HBr 的物质的量为  $y \text{ mol}$ ，则有  $1 : a = (m+0.5x) : y$ ，解得  $y=a(g-m)$ 。

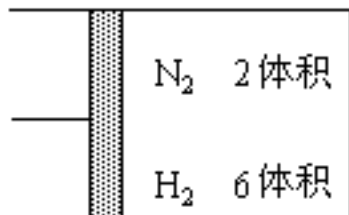
**【答案】** ①  $2a$

②  $0 \text{ mol}$ ； $0.5 \text{ mol}$

③ $2(g-2m)$ ;  $a(g-m)$

### 3. 恒温恒压—投料换算成相同物质表示时等比例

典例 3. 如图所示, 在一定温度下, 把 2 体积  $N_2$  和 6 体积  $H_2$  通入一个带有活塞的容积可变的容器中, 活塞的一端与大气相通, 容器中发生以下反应:  $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  (正反应放热), 若反应达到平衡后, 测得混合气体的体积为 7 体积。据此回答下列问题:



(1) 保持上述反应温度不变, 设  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别代表初始加入的  $N_2$ 、 $H_2$  和  $NH_3$  的体积, 如果反应达到平衡后混合气体中各气体的体积分数仍与上述平衡相同, 那么:

①若  $a=1$ ,  $c=2$ , 则  $b=$ \_\_\_\_\_。在此情况下, 反应起始时将向\_\_\_\_\_ (填“正”或“逆”) 反应方向进行。

②若需规定起始时反应向逆反应方向进行, 则  $c$  的取值范围是\_\_\_\_\_。

(2) 在上述装置中, 若需控制平衡后混合气体为 6.5 体积, 则可采取的措施是\_\_\_\_\_, 原因是\_\_\_\_\_。

**【解析】** (1) ①化学反应:  $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$  在定温、定压下进行, 要使平衡状态与原平衡状态等效, 只要起始时  $\frac{V(N_2)}{V(H_2)} = \frac{2}{6}$  就可以达到。已知起始时各物质体积分别为 1 体积  $N_2$ 、 $b$  体积  $H_2$  和 2 体积  $NH_3$ 。根据“等价转换”法, 将 2 体积  $NH_3$  通过反应的化学计量数之比换算成  $N_2$  和  $H_2$  的体积, 则相当于起始时有  $(1+1)$  体积  $N_2$  和  $(b+3)$  体积  $H_2$ , 它们的比值为  $\frac{1+1}{b+3} = \frac{2}{6}$ , 解得  $b=3$ 。因反应前混合气体为 8 体积, 反应后混合气体为 7 体积, 体积差为 1 体积, 由差量法可解出平衡时  $NH_3$  为 1 体积; 而在起始时,  $NH_3$  的体积为  $c=2$  体积, 比平衡状态时大, 为达到同一平衡状态,  $NH_3$  的体积必须减小, 所以平衡逆向移动。②若需让反应逆向进行, 由上述①所求出的平衡时  $NH_3$  的体积为 1 可知,  $NH_3$  的体积必须大于 1, 最大值则为 2 体积  $N_2$  和 6 体积  $H_2$  完全反应时产生的  $NH_3$  的体积, 即为 4 体积, 则  $1 < c \leq 2$ 。(2) 由  $6.5 < 7$  可知, 上述平衡应向体积缩小的方向移动, 亦即向放热方向移动, 故采取降温措施。

**【答案】** (1) ① $b=3$ ; 逆向; ② $1 < c \leq 2$

(2) 降温; 由  $6.5 < 7$  可知, 上述平衡应向体积缩小的方向移动, 亦即向放热方向移动, 故采取降温措施。

## 二. 对点增分集训

1. 向恒温恒压容器中充入  $2\text{mol NO}$ 、 $1\text{mol O}_2$ ，发生反应： $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 。

下列情况不能说明反应已达到平衡状态的是 ( )

- A. 容器体积不再改变
- B. 混合气体的颜色不再改变
- C. 混合气体的密度不再改变
- D.  $\text{NO}$  与  $\text{O}_2$  的物质的量的比值不再改变

【解析】A. 反应在恒温恒压条件下进行，若反应未达平衡则容器体积变化，若体积不变则达平衡状态，

选项 A 不选；B.  $\text{NO}_2$  为红棕色气体，其他反应物为无色气体，若混合气体的颜色不再改变，则反应达平衡状态，选项 B 不选；C. 反应在恒温恒压条件下进行，若反应未达平衡则容器体积变化，气体总质量不变，则密度变化，若密度不变则达到平衡，选项 C 不选；D、充入  $2\text{mol NO}$ 、 $1\text{mol O}_2$ ，且两反应物质的化学计量数之比为  $2:1$ ，则无论反应是否达平衡， $\text{NO}$  与  $\text{O}_2$  的物质的量的比值均为  $2:1$ ，不再改变，选项 D 选。

【答案】D

2. 一定温度下，在恒容密闭容器中发生如下反应： $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g})$ ，若反应开始时充入  $2\text{mol A}$  和  $2\text{mol B}$ ，达平衡后 A 的体积分数为  $a\%$ 。其他条件不变时，若按下列四种配比作为起始物质，平衡后 A 的体积分数大于  $a\%$  的是 ( )

- A.  $2.5\text{mol C}$
- B.  $2\text{mol A}$ 、 $2\text{mol B}$  和  $10\text{mol He}$  (不参加反应)
- C.  $1.5\text{mol B}$  和  $1.5\text{mol C}$
- D.  $2\text{mol A}$ 、 $3\text{mol B}$  和  $3\text{mol C}$

【解析】反应  $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g})$  中，气体的体积前后相同，在一定温度下，在恒容密闭容器中得到平衡状态，只要满足物质全部转化为 A、B，且满足  $n(\text{A}) : n(\text{B}) = 1 : 1$ ，就是等效平衡，结合浓度对平衡移动的影响，只要加入的物质的量： $n(\text{A}) : n(\text{B}) > 1 : 1$ ，平衡后 A 的体积分数大于  $a\%$ ，A.  $2\text{mol C}$  相当于  $\frac{4}{3}\text{mol A}$  和  $\frac{2}{3}\text{mol B}$ ，二者的比值为  $2:1$ ，大于  $1:1$ ，则平衡后 A 的体积分数大于  $a\%$ ，选项 A 正确；B.  $2\text{mol A}$ 、 $2\text{mol B}$  和  $1\text{mol He}$  (不参加反应)， $n(\text{A}) : n(\text{B}) = 2:2$ ，等于  $1:1$ ，则平衡后 A 的体积分数等于  $a\%$ ，选项 B 错误；C.  $1\text{mol B}$  和  $1\text{mol C}$ ，相当于  $\frac{2}{3}\text{mol A}$  和  $\frac{4}{3}\text{mol B}$ ， $n(\text{A}) : n(\text{B}) = 1:2$ ，小于  $1:1$ ，则平衡后 A 的体积分

数小于 a%，选项 C 错误；D. 2mol A、3mol B 和 3mol C，相当于 4mol A 和 4mol B，二者的比值为 4：4，等于 1：1，则平衡后 A 的体积分数等于 a%，选项 D 错误，答案选 A。

**【答案】** A

3.  $\text{N}_2\text{O}_5$  是一种新型硝化剂，一定温度下发生反应  $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H > 0$ ， $T_1$  温度下的部分实验数据如下表所示。

t/s	0	500	1000	1500
$c(\text{N}_2\text{O}_5)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	5.00	3.52	2.50	2.50

下列说法正确的是

- A. 该反应在任何温度下均能自发进行
- B.  $T_1$  温度下的平衡常数为  $K_1 = 125$ ，1000 s 时  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$  转化率为 50%
- C. 其他条件不变时， $T_2$  温度下反应到 1000 s 时测得  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$  浓度为  $2.98 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则  $T_1 < T_2$
- D.  $T_1$  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  $K_1 < K_2$

**【解析】** A. 该反应为熵增、焓增的反应，根据  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ ，高温有利于自发进行，选项 A 错误；B. 由表中数据可知， $T_1$  温度下，1000s 时反应到达平衡，平衡时  $c(\text{N}_2\text{O}_5) = 2.5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{NO}_2) = 5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $c(\text{O}_2) = 1.25 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，平衡常数  $K = \frac{c(\text{O}_2) \cdot c^4(\text{NO}_2)}{c^2(\text{N}_2\text{O}_5)} = \frac{1.25 \times 5^4}{2.5^2} = 125$ ，转化率为  $\frac{5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} - 2.5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}} \times 100\% = 50\%$ ，选项 B 正确；C. 该反应正反应是吸热反应，升高温度，反应速率加快，平衡向正反应移动，平衡时  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$  浓度应降低，其他条件不变时， $T_2$  温度下反应到 1000s 时测得  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g})$  浓度为  $2.98 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，浓度大于  $2.5 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，故不可能为升高温度，应为降低温度，故  $T_1 > T_2$ ，选项 C 错误；D. 平衡常数只受温度影响， $T_1$  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  $T_1 > T_2$ ，反应吸热反应，则  $K_1 > K_2$ ，选项 D 错误；选 B。

**【答案】** B

4. 在一密闭容器中，反应  $a\text{A}(\text{g}) \rightleftharpoons b\text{B}(\text{g})$  达平衡后，保持温度不变，将容器体积增加一倍，当达到新的平衡时，A 的浓度变为原来的 60%，则 ( )

- A.  $a < b$
- B. 平衡向逆反应方向移动了
- C. 平衡向正反应方向移动了
- D. 物质 B 的质量分数增加了

**【解析】** A. 减小压强，平衡向生成 A 的方向移动，则  $a > b$ ，选项 A 错误；B. 假设体积

增加一倍时若平衡未移动，A 的浓度应为原来的 50%，实际平衡时 A 的浓度是原来的 60%，大于原来的 50%，说明平衡向生成 A 的方向移动，即向逆反应移动，选项 B 正确；C. 根据选项 B 的分析，平衡向逆反应移动，选项 C 错误；D. 平衡向逆反应移动，物质 B 的质量分数减小了，选项 D 错误；答案选 B。

**【答案】** B

5. 在一个固定容积的密闭容器中，保持一定温度进行如下反应：
$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$$
，已知加入 1mol  $\text{H}_2$  和 2mol  $\text{Br}_2$  达到平衡后，生成 x mol HBr，在相同条件下若起始时加入的  $\text{H}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、HBr 分别为 a、b、c (均不为 0) 且保持平衡时，各组分含量都不变，以下推断正确的是：①a、b、c 应满足的关系是  $4a+c=2b$ ；②平衡时 HBr 为 ax mol；③a、b、c 应满足的关系是  $a+b=c$ ；④平衡时 HBr 为  $\frac{a+b+c}{3}x$  mol。

- A. ①                      B. ①②                      C. ①④                      D. ②③

**【解析】** 在容器中充入 1mol  $\text{H}_2$  和 2mol  $\text{Br}_2$  达到平衡后生成 x mol HBr。在相同条件下，若起始时加入  $\text{H}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、HBr 分别为 a mol、b mol、c mol (均不为 0)，达到平衡时，各组分百分含量和前一平衡相同，则

建立的是等效平衡；由于该反应是气体体积不变的反应，将所有量按照反应方程式转化成氢气和溴，只要满足  $n(\text{H}_2) : n(\text{Br}_2) = 1\text{mol} : 2\text{mol} = 1 : 2$  即可。①根据极限转化的思想，将 c mol 的 HBr 极限转化为反应物，要实现等效平衡的建立，则相当于的投料符合：氢气： $a+0.5c=1$ ，溴单质： $b+0.5c=2$ ，整理得到： $4a+c=2b$ ，故①正确；②反应两边气体的体积不变，在容器中充入 1mol  $\text{H}_2$  和 2mol  $\text{Br}_2$  达到平衡后气体的物质的量还是 3mol，则溴化氢的百分含量为  $\frac{x}{3}$ ，加入  $\text{H}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、HBr 分别为 a mol、b mol、c mol (均不为 0)，达到平衡时两个平衡中溴化氢的百分含量相等，设达到平衡时 HBr 物质的量为 m，则  $\frac{m}{a+b+c} = \frac{x}{3}$ ，所以  $m = \frac{a+b+c}{3}x$  mol，即达到平衡时 HBr 物质的量为  $\frac{a+b+c}{3}x$  mol，故②错误，④正确；③根据①可知， $4a+c=2b$ ，所以  $a+b$  不一定等于 c，故③错误；根据分析可知，正确的为①④，故选 C。

**【答案】** C

6. 某温度下，在甲、乙、丙、丁四个恒容密闭容器中投入  $\text{H}_2$  和  $\text{I}_2$ ，发生反应：
$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$$
。反应体系中各物质浓度的有关数据如下。

容器	起始浓度	平衡浓度
----	------	------

	$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{I}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{HI})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
甲	0.01	0.01	0.004
乙	0.01	0.02	a
丙	0.02	0.01	b
丁	0.02	0.02	c

下列判断不正确的是

- A. HI 的平衡浓度:  $a=b>0.004$ ,  $c=0.008$   
 B. 平衡时,  $\text{H}_2$  的转化率: 丁>甲  
 C. 平衡时, 乙中  $\text{H}_2$  的转化率大于 20%  
 D. 丙中条件下, 该反应的平衡常数  $K=0.25$

【解析】A. 甲、乙比较, 乙中碘的浓度大, 促进氢气的转化; 甲、丙比较, 丙中氢气浓度大, 促进碘单质转化, 乙丙达到相同平衡状态, 则 HI 的平衡浓度:  $a=b>0.004$ , 反应  $\text{H}_2(\text{g})+\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ , 反应前后气体体积不变, 丙投料是甲的 2 倍,  $c=0.008$ , 故 A 正确; B. 甲、丁比较, 起始物质的量为 2 倍关系, 且物质的量比等于化学计量数之比, 增大压强平衡不移动, 则平衡时,  $\text{H}_2$  的转化率: 甲=丁, 故 B 错误; C. 由甲中数据可知, 甲中氢气转化率为  $\frac{0.004 \times 1}{2 \times 0.01} \times 100\% = 20\%$ , 但甲、乙比较, 乙中碘的浓度大, 促进氢气

的转化, 故 C 正确; D. 甲、丙温度相同,  $K$  相同, 结合表格中数据可知,  $K = \frac{0.04^2}{(0.01-0.002) \cdot (0.01-0.002)} = 0.25$ . 故 D 正确; 故选 B。

【答案】B

7. 在 1L 密闭容器中通入 2mol  $\text{NH}_3$ , 在一定温度下发生反应:  $2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ , 达到平衡状态时,  $\text{N}_2$  的物质的量分数为 a%, 维持容器的容积和温度不变, 分别通入下列几组物质, 达到平衡状态时, 容器内  $\text{N}_2$  的物质的量分数仍为 a% 的是

- A. 3mol  $\text{H}_2$  和 1mol  $\text{NH}_3$   
 B. 2mol  $\text{N}_2$  和 3mol  $\text{H}_2$   
 C. 1mol  $\text{N}_2$  和 3mol  $\text{NH}_3$   
 D. 0.1mol  $\text{NH}_3$ 、0.95mol  $\text{N}_2$ 、2.85mol  $\text{H}_2$

【解析】根据等效平衡, 按化学计量数转化到方程式的左边, 满足  $n(\text{NH}_3)=2\text{mol}$ , 则达到平衡时, 容器内  $\text{N}_2$  的百分含量为 a%。A. 3mol  $\text{H}_2+1\text{mol} \text{NH}_3$  与初始量 2mol  $\text{NH}_3$  不相同, 则

不属于等效平衡，达到平衡时，容器内 $N_2$ 的百分含量不是 $a\%$ ，故A错误；B.  $2\text{mol } N_2 + 3\text{mol } H_2$ 按化学计量数转化到方程式的左边可得： $n(NH_3)=2\text{mol}$ 、 $n(N_2)=1\text{mol}$ ，不属于等效平衡，故B错误；C.  $1\text{mol } N_2 + 3\text{mol } NH_3$ 与初始量 $2\text{mol } NH_3$ 不相同，则不属于等效平衡，达到平衡时，容器内 $N_2$ 的百分含量不是 $a\%$ ，故C错误；D.  $0.1\text{mol } NH_3 + 0.95\text{mol } N_2 + 2.85\text{mol } H_2$ ，按化学计量数转化到方程式的左边，满足 $n(NH_3)=2\text{mol}$ ，属于等效平衡，故D正确；故选D。

**【答案】D**

8. 在温度、容积相同的3个密闭容器中，按不同方式投入反应物，保持恒温、恒容，测得达到平衡时的有关数据如下：已知 $X(g) + 3Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g) \quad \Delta H = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

容器	甲	乙	丙
反应物投入量	1mol X、3mol Y	2mol Z	4mol Z
Z的浓度( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$c_1$	$c_2$	$c_3$
反应的能量变化	放出 a kJ	吸收 b kJ	吸收 c kJ
体系压强(Pa)	$p_1$	$p_2$	$p_3$
反应物转化率	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$

下列说法正确的是

- A.  $2c_1 > c_3$       B.  $a+b=Q$       C.  $2p_2 < p_3$       D.  $\alpha_1 + \alpha_3 > 1$

**【解析】**甲容器反应物投入1mol X、3mol Y，乙容器反应物投入量2mol Z，恒温且乙容器容积和甲容

器相同，则甲容器与乙容器是等效平衡；甲容器反应物投入1mol X、3mol Y，丙容器反应物投入量4mol Z，采用极限转化法转化为反应物为2mol X、6mol Y，是甲中的二倍，如果恒温且丙容器容积是甲容器2倍，则甲容器与丙容器也是等效平衡；所以丙所到达的平衡，可以看作在恒温且容积是甲容器两倍条件下，到达平衡后，再压缩体积为与甲容器体积相等所到达的平衡，所以丙与甲、乙相比，增大了压强，平衡向着正向移动，小容器体积，增大了压强，平衡向着正向移动，所以丙中X、Y转化率大于甲和乙的。A、丙容器反应物投入量4mol Z，采用极限转化法转化为反应物为2mol X、6mol Y，是甲中的二倍，若平衡不移动， $c_3=2c_1$ ；丙相当于增大压强，平衡向着正向移动，所以丙中氨气的浓度大于乙中氨气浓度的二倍，即 $c_3 > 2c_1$ ，故A错误；B、甲投入1mol X、3mol Y，乙中投入2mol Z，则甲与乙是完全等效的，根据盖斯定律可知，甲与乙的的反应的能量变化之和为Q kJ，故 $a+b=Q$ ，



故 B 正确；C、丙容器反应物投入量 4mol Z，是乙的二倍，若平衡不移动，丙中压强为乙的二倍；由于丙中相当于增大压强，平衡正向移动，所以丙中压强减小，小于乙的 2 倍，即  $2p_2 > p_3$ ，故 C 错误；D、丙容器反应物投入量 4mol Z，是乙的二倍，若平衡不移动，转化率  $\alpha_1 + \alpha_3 = 1$ ；由于丙中相当于增大压强，平衡正向移动，氨气的转化率减小，所以转化率  $\alpha_1 + \alpha_3 < 1$ ，故 D 错误；故选 B。

【答案】B

9. 一定温度下，在甲、乙、丙、丁四个恒容密闭容器中投入  $\text{SO}_2(\text{g})$  和  $\text{O}_2(\text{g})$ ，进行反应  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ，其起始物质的量及  $\text{SO}_2$  平衡转化率如下表所示。下列判断中正确的是

		甲	乙	丙	丁
密闭容器体积/L		2	2	2	1
起始物质的量	$n(\text{SO}_2)/\text{mol}$	0.40	0.80	0.80	0.40
	$n(\text{O}_2)/\text{mol}$	0.24	0.24	0.48	0.24
$\text{SO}_2$ 的平衡转化率%		80	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$

- A. 甲中反应的平衡常数小于乙  
 B. 该温度下，该反应的平衡常数 K 为 400  
 C.  $\text{SO}_2$  的平衡转化率： $\alpha_1 > \alpha_2 = \alpha_3$   
 D. 容器中  $\text{SO}_3$  的物质的量浓度：丙 = 丁 < 甲

【解析】A. 温度相同时，该反应的平衡常数不变，则甲、乙中反应的平衡常数相等，故 A 错误； B.



转化 (mol)	0.32	0.16	0.32
平衡 (mol)	0.08	0.08	0.32
平衡浓度 (mol · L <sup>-1</sup> )	0.04	0.04	0.16

所以该温度下该反应的平衡常数值为： $K = \frac{0.16^2}{0.04^2 \cdot 0.04} = 400$ ，故 B 正确； C. 由甲、乙可知，氧气的浓度相同，二氧化硫的浓度增大会促进氧气的转化，二氧化硫转化率减小，丙体积为 2L，丁体积为 1L，起始量分别为 0.8，0.48；0.40，0.24，丙和丁达到的平衡相同，丙实验氧气物质的量增大，氧气转化率增大；则二氧化硫转化率， $\alpha_1 < \alpha_2 = \alpha_3$ ，故 C 错误；

D. 体积相同，丙中的起始浓度为甲的 2 倍，压强增大，平衡正向移动，则丙中转化率增大，

即丙中  $c(\text{SO}_3)$  大于甲中  $c(\text{SO}_3)$  的 2 倍，丙体积为 2L，丁体积为 1L，起始量分别为 0.8, 0.48; 0.40, 0.24，丙和丁达到的平衡相同，三氧化硫浓度相同，丙=丁>甲，故 D 错误；故选 B。

【答案】B

10. T K 时，向 2.0L 恒容密闭容器中充入 1.0mol  $\text{COCl}_2$ ，反应  $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ ，经过一段时间后达到平衡。反应过程中测定的部分数据见下表：

t/s	0	2	4	6	8
n( $\text{Cl}_2$ )/mol	0	0.16	0.19	0.20	0.20

下列说法正确的是 ( )

- A. 反应在前 2s 的平均速率  $v(\text{CO})=0.080\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- B. 保持其他条件不变，升高温度，平衡时  $c(\text{Cl}_2)=0.11\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则反应的  $\Delta H < 0$
- C. T K 时开始向容器中充入 0.9mol  $\text{COCl}_2$ 、0.10mol  $\text{Cl}_2$  和 0.10mol  $\text{CO}$ ，达到平衡前时  $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$
- D. T K 时起始向容器中充入 1.0mol  $\text{Cl}_2$  和 0.9mol  $\text{CO}$ ，达到平衡时， $\text{Cl}_2$  的转化率为 80%

【解析】A. 反应在前 2s 的平均速率  $v(\text{Cl}_2) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.16\text{mol}}{2\text{L}} \div 2\text{s} = 0.04\text{mol} \cdot (\text{L} \cdot \text{s})^{-1}$ ，错误；B. 平衡时  $v(\text{Cl}_2) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0.2\text{mol}}{2\text{L}} = 0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，升高温度， $c(\text{Cl}_2)=0.11\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，说明平衡向正反应方向移动，则正反应应为吸热反应

$\Delta H > 0$ ，错误；C.  $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$

起始 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ):	0.5	0	0
转化 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ):	0.1	0.1	0.1
平衡 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ):	0.4	0.1	0.1

该温度下  $K = \frac{0.1 \times 0.1}{0.4} = 0.025$ ，若起始向容器中充入 0.9mol  $\text{COCl}_2$ 、0.10mol  $\text{Cl}_2$  和 0.10mol  $\text{CO}$ ，

此时  $Q_c = 0.011 < 0.025$ ，则反应达到平衡前  $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$ 。正确；D. T K 时起始向容器中充入 1.0mol  $\text{Cl}_2$  和 1.0mol  $\text{CO}$ ，应等效于

向 2.0L 恒容密闭容器中充入 1.0mol  $\text{COCl}_2$ ，达到平衡时  $\text{Cl}_2$  的转化率等于 80%，如加入 1.0mol  $\text{Cl}_2$  和 0.9mol  $\text{CO}$ ，相当于在原来的基础上减小 0.1mol  $\text{CO}$ ，平衡在原来的基础上向正反应方向移动，则  $\text{Cl}_2$  的转化率小于 80%，错误；故选 C。

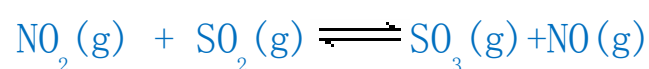
【答案】C

11. 一定温度下在甲、乙、丙三个体积相等且恒容的密闭容器中发生反应： $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_3(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$ 。投入  $\text{NO}_2$  和  $\text{SO}_2$ ，起始浓度如下表所示，其中甲经 2min 达平衡时， $\text{NO}_2$  的转化率为 50%，下列说法正确的是（ ）

起始浓度	甲	乙	丙
$c(\text{NO}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.10	0.20	0.20
$c(\text{SO}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.10	0.10	0.20

- A. 容器甲中的反应在前 2min 的平均速率  $v(\text{NO}) = 0.05 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 容器乙中若起始时改充  $0.10 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NO}_2$  和  $0.20 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{SO}_2$ ，达到平衡时  $c(\text{NO})$  与原平衡相同
- C. 达到平衡时，容器丙中  $\text{SO}_3$  的体积分数是容器甲中  $\text{SO}_3$  的体积分数的 2 倍
- D. 达到平衡时，容器乙中  $\text{NO}_2$  的转化率和容器丙中  $\text{NO}_2$  的转化率相同

【解析】甲经 2min 达平衡时， $\text{NO}_2$  的转化率为 50%，其平衡浓度为  $0.05 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，



开始 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ): 0.1      0.1      0      0

转化 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ): 0.05      0.05      0.05      0.05

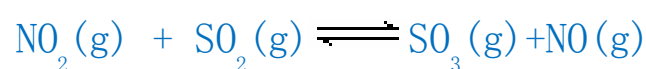
平衡 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ): 0.05      0.05      0.05      0.05

故该温度下平衡常数  $K = \frac{0.05 \times 0.05}{0.05 \times 0.05} = 1$ ，各容器内温度相同，平衡常数均相同。A. 容器

甲中的反应在前

2min,  $\text{NO}$  的平均速率  $v(\text{NO}) = \frac{0.05 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{2 \text{min}} = 0.025 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，故 A 错误；B. 令平衡

时  $\text{NO}$  的浓度为  $y \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，



开始 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ): 0.1      0.2      0      0

转化 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ):  $y$        $y$        $y$        $y$

平衡 ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ):  $0.1-y$        $0.2-y$        $y$        $y$

则  $\frac{y \times y}{(0.1-y) \times (0.2-y)} = 1$ ，只要二氧化氮和二氧化硫的浓度分别是  $0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  和

$0.2 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，平衡时  $\text{NO}$  的浓

度就相同，故 B 正确；C. 该反应为反应前后气体压强不变的反应，容器丙的反应物的起

始浓度是容器甲的 2 倍，平衡不移动，因此容器丙中  $\text{SO}_3$  的体积分数和容器甲中  $\text{SO}_3$  的体积分数相等，故 C 错误；D. 起始浓度容器乙中的  $\text{NO}_2$  是器甲的 2 倍，而  $\text{SO}_2$  的起始浓度一样，单纯的增大某一种物质的浓度，这种物质的转化率一定降低，因此达到平衡时，容器乙中  $\text{NO}_2$  的转化率小于容器丙中  $\text{NO}_2$  的转化率，故 D 错误；答案选 B。

**【答案】** B