
同步训练

高三化学

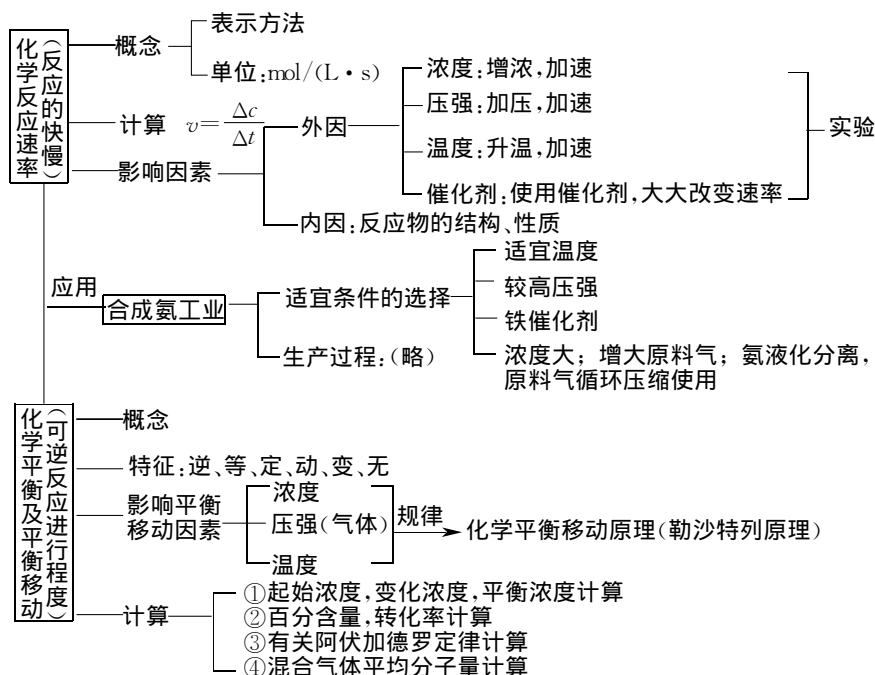
吉林教育出版社

目 录

第一章 化学反应速率和化学平衡	(1)
第一节 化学反应速率	(1)
第二节 化学平衡	(6)
第三节 合成氨工业	(11)
综合能力测试	(15)
第二章 电解质溶液 胶体	(20)
第一节 强电解质和弱电解质	(20)
第二节 电离度	(24)
第三节 水的电离和溶液的 pH 值	(28)
第四节 盐类的水解	(31)
第五节 酸碱中和滴定	(35)
第六节 原电池 金属的腐蚀和防护	(38)
第七节 电解和电镀	(42)
第八节 胶体	(46)
综合能力测试	(49)
第三章 糖类 蛋白质	(53)
第一节 单糖	(53)
第二节 二糖	(56)
第三节 多糖	(58)
第四节 蛋白质	(60)
综合能力测试	(63)
期末测试题	(66)
参考答案	(72)

第一章 化学反应速率和化学平衡

知识体系



第一节 化学反应速率

训练目标

1. 掌握化学反应速率的概念、单位及其表示方法, 能进行简单的化学反应速率的计算。
2. 理解外界条件(浓度、温度、压强、催化剂)对反应速率的影响。

条件变化	化学反应速率变化	适用对象	说明
增大反应物浓度	增大	溶液中的反应或气体反应	固体、纯液体的浓度为常数
增大压强	增大	有气体参加的反应	压强的影响实质上是浓度的影响
升高温度	增大	各种反应	温度每升高 10°C , 反应速率一般增大 2~4 倍
使用催化剂	改变(一般是增大)	某种特定反应, 有选择性	成千上万倍地改变反应速率。要防止催化剂中毒

影响化学反应速率的外界条件除了上述四个方面的因素外, 反应物颗粒的大小、溶剂、光、超声波、激

光、放射线、电磁波等也能影响某些反应的速率。

例题解析

例 1 NO 和 CO 都是汽车尾气里的有害物质,它们能缓慢地起反应生成氮气和二氧化碳气体, $2\text{NO} + 2\text{CO} \rightleftharpoons \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$, 对此反应, 下列叙述正确的是 ()

- A. 使用催化剂能加快反应速率
- B. 改变压强对反应速率没有影响
- C. 冬天气温低, 反应速率降低, 对人危害更大
- D. 外界任何条件怎样改变, 均对此化学反应速率无影响

解析 这是一个气体物质间的化学反应, 改变反应物的浓度、压强、温度均能改变该反应的速率, 所以 D 错误。

增大压强, 可以使气体物质的体积变小, 其浓度变大, 所以反应速率加快。反之, 减小压强, 可使气体的体积变大, 浓度变小, 反应速率变慢。由于该反应是气体物质间的反应, 改变压强对反应速率有影响。故 B 也错误。

升高温度, 可以加快反应速率, 降低温度可减慢反应速率。由于 NO 和 CO 对人的危害远大于 N_2 和 CO_2 , 所以, 当 NO 与 CO 反应生成 N_2 和 CO_2 的速率降低时, 对人危害更大, 故 C 正确。

催化剂可以改变化学反应速率, 我们通常所说的催化剂一般都指正催化剂, 能加快反应速率。故 A 正确。

答案 A、C

例 2 丙酮和碘 溶液中发生下列反应:



25℃时, 该反应的速率由下列经验式决定:

$$v = 2.73 \times 10^{-5} c(\text{CH}_3\text{COCH}_3) c(\text{H}^+) \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$$

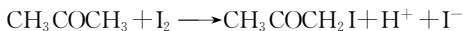
25℃时, 如果 $c(\text{I}_2)$ 、 $c(\text{CH}_3\text{COCH}_3)$ 、 $c(\text{H}^+)$ 的起始浓度依次是 $0.01 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.1 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.01 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 求:

- (1) 反应开始时的速率;
- (2) 溶液中 I_2 消耗一半时, 反应速率比开始时慢还是快(通过计算回答)?

解析 (1) 由题给信息:

$$\begin{aligned} v_{\text{始}} &= 2.73 \times 10^{-5} c(\text{CH}_3\text{COCH}_3) c(\text{H}^+) \\ &= 2.73 \times 10^{-5} \times 0.1 \times 0.01 \\ &= 2.73 \times 10^{-8} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

- (2) 设溶液中 I_2 消耗一半时, 反应速率为 v , 则此时:



开 始	0.1	0.01	0.01
变 化	0.005	0.005	0.005
I_2 消耗一半时	0.095	0.005	0.015

$v = 2.73 \times 10^{-5} \times 0.095 \times 0.015 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 3.89 \times 10^{-8} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} > v_{\text{始}}$, 所以当溶液中的 I_2 消耗一半时, 反应速率比开始时快。

同步训练

一、选择题

- 1. 在 2L 容器中发生 $3\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ 的反应, 若最初加入 A、B 都是 4mol, A 的平均速率是 $0.12 \text{mol/L} \cdot \text{s}$, 则

第一章

- 10s 后容器中的 B 是 ()
- A. 2.8mol B. 1.6mol C. 3.2mol D. 3.6mol
2. 已知反应 $2A \rightleftharpoons B + 3C$, 在 20°C 进 时其 $v_A = 5\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ 。如果温度每升高 10°C , 此反应速率增大到原来的 2 倍。则当其他条件不变时, 温度升至 50°C 时, 此反应的化学反应速率 v_C 是 ()
- A. $20\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ B. $40\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ C. $60\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ D. $150\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$
3. 反应 $3A(\text{气}) + B(\text{气}) \rightleftharpoons 2C(\text{气}) + 2D(\text{气})$ 在不同条件下, 反应速率分别为: ① $v_A = 0.6\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, ② $v_B = 0.9\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, ③ $v_C = 0.015(\text{mol}/\text{L} \cdot \text{s})$, ④ $v_D = 0.45\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ 。则此反应在不同条件下进 最快的是 ()
- A. ②③ B. ①③ C. ②④ D. ①
4. 反应 $C(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 在一容积可变的密闭容器中进行, 下列条件的改变对其反应速率几乎无影响的是 ()
- A. 增加炭块
B. 将容器的体积缩小一半
C. 保持体积不变, 充入 N_2 使体系压强增大
D. 保持压强不变, 充入 N_2 使容器体积变大
5. 在 $2A + B = 3C + 4D$ 反应中, 下面表示的反应速率最快的是 ()
- A. $v(A) = 0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ B. $v(B) = 0.28\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
C. $v(C) = 0.8\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ D. $v(D) = 1.0\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
6. 设 $C + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} - Q_1$, 反应速率为 v_1 ; $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + Q_2$, 反应速率为 v_2 。对于上述反应, 当温度升高时, v_1 和 v_2 的变化情况为 ()
- A. 同时增大 B. 同时减小 C. v_1 增大, v_2 减小 D. v_1 减小, v_2 增大
7. 已知氧气的密度为 $1.28\text{g}/\text{L}$, 实验室利用 KClO_3 制取 O_2 , 生成 O_2 的平均速率为 $0.01\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, 要制取 500mL O_2 需要的时间是(反应容器的体积为 1L) ()
- A. 10min B. 6min C. 4min D. 2min
8. 已知: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 若反应速率分别用 v_{NH_3} 、 v_{O_2} 、 v_{NO} 、 $v_{\text{H}_2\text{O}}$ ($\text{mol}/\text{L} \cdot \text{min}$) 表示, 则正确的关系是 ()
- A. $\frac{4}{5}v_{\text{NH}_3} = v_{\text{O}_2}$ B. $\frac{5}{6}v_{\text{O}_2} = v_{\text{H}_2\text{O}}$ C. $\frac{2}{3}v_{\text{NH}_3} = v_{\text{H}_2\text{O}}$ D. $\frac{4}{5}v_{\text{O}_2} = v_{\text{NO}}$
9. 把 0.6mol X 气体和 0.4mol Y 气体混合于 2L 容器中, 发生反应: $3X(\text{g}) + Y(\text{g}) \rightleftharpoons nZ(\text{g}) + 2W(\text{g})$ 。若 5min 末生成 0.2mol W , 并测知以 Z 浓度变化来表示的平均速率为 $0.01\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 则上述反应中 Z 气体的计量系数 n 的值是 ()
- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4
10. 将固体 NH_4Br 置于密闭容器中, 在某温度下, 发生下列反应:
 $\text{NH}_4\text{Br}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HBr}(\text{g})$ $2\text{HBr}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g})$
 2min 后, 测知 H_2 的浓度为 $0.5\text{mol}/\text{L}$, HBr 的浓度为 $4\text{mol}/\text{L}$ 。若上述反应速率用 $v(\text{NH}_3)$ 表示, 下列速率正确的是 ()
- A. $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ B. $2.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
C. $2\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ D. $5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
11. 在一定条件下, 可逆反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 + Q$ 达成平衡, 当单独改变下列条件后, 有关叙述错误的是 ()
- A. 加催化剂, $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 都发生变化, 且变化的倍数相等
B. 加压, $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 都增大, 且 $v_{\text{正}}$ 增大倍数大于 $v_{\text{逆}}$ 增大倍数

C. 降温, $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 都减少, 且 $v_{\text{正}}$ 减少倍数大于 $v_{\text{逆}}$ 减少倍数

D. 加入氩气, $v_{\text{正}}$ 、 $v_{\text{逆}}$ 都增大, 且 $v_{\text{正}}$ 增大倍数大于 $v_{\text{逆}}$ 增大倍数

12. 已知反应 $A+3B=2C+D$, 在某段时间内以 A 的浓度变化表示的化学反应速率为 $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 则此段时间内以 C 的浓度变化表示的化学反应速率为 ()

A. $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

B. $1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

C. $2\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

D. $3\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$

13. $100\text{mL } 6\text{mol/L } \text{H}_2\text{SO}_4$ 与过量锌粉反应, 在一定温度下, 为了减缓反应进行的速率, 但又不影响生成氢气的总质量, 可向反应物中加入适量的 ()

A. 碳酸钠(固体)

B. 水

C. 硫酸钾溶液

D. 硫酸铵(固体)

14. 如图 1-1 的曲线表示 800°C 时, A、B、C 三种气体物质的浓度随时间变化的情况, 经过时间 t 反应达平衡。图中曲线表示的反应是下列反应中的 ()

A. $A\rightleftharpoons B+C$

B. $B\rightleftharpoons A+C$

C. $2A\rightleftharpoons B+C$

D. $2A\rightleftharpoons B+3C$

15. 下列各组溶液同时开始反应, 最先出现浑浊的一组是 ()

A. 10°C 时, $5\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液与 $5\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸溶液混合

B. 10°C 时, $10\text{mL } 0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液与 $10\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸溶液混合

C. 20°C 时, $5\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液与 $5\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸溶液混合

D. 20°C 时, $10\text{mL } 0.05\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液与 $10\text{mL } 0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的硫酸溶液混合

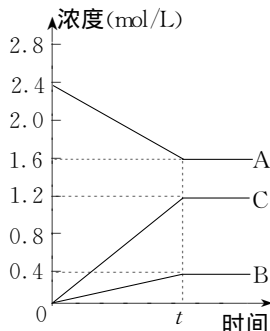


图 1-1

二、填空题

1. 取 $a\text{mol}$ A 和 $b\text{mol}$ B 置于 VL 容器内, 发生可逆反应:



1min 后, 测得容器内 A 的浓度为 $x\text{mol/L}$, 这时 B 的浓度为_____, C 的浓度为_____。这段时间内, 反应的平均速率若以物质 A 的浓度变化来表示, 应为_____。

2. 把除去氧化膜的镁条投入到盛有稀酸的试管中, 产生 H_2 的速率变化情况如图 1-2 所示。图中 $t_1 \sim t_2$ 速率变化的主要原因是_____, $t_2 \sim t_3$ 速率变化的主要原因是_____。

3. 将 10mol A 和 5mol B 放入容积为 10L 的真_____中, 某温度下发生反应 $3A(g) + B(g) = 2C(g)$ 。在最初 0.2s 内, 消耗 A 的平均速率为 $0.06\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$, 则在 0.2s 时, 箱中有_____mol C 生成。

4. 在 25°C 时, 向 100mL 含氯化氢 14.6g 的盐酸溶液里放入 5.6g 纯铁粉(不考虑反应前后溶液体积的变化), 反应开始至 2min 末, 收集到 1.12L (标准状况)氢气。在此之后, 又经过 4min , 铁粉完全溶解。则:

(1) 在前 2min 内用 FeCl_2 表示的平均反应速率是_____。

(2) 在后 4min 内用 HCl 表示的平均反应速率是_____。

(3) 前 2min 与后 4min 相比, 反应速率较快的是_____, 其原因是_____。

5. 某温度下, 浓度都是 1mol/L 的两种气体 X_2 和 Y_2 , 在密闭容器中反应生成气体 Z, 一段时间后测知: $c(\text{X}_2) = 0.4\text{mol/L}$, $c(\text{Y}_2) = 0.8\text{mol/L}$, $c(\text{Z}) = 0.4\text{mol/L}$, 则该反应可以表示为_____。

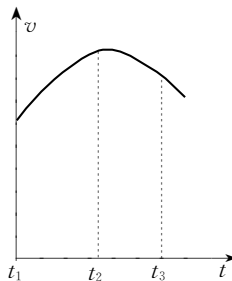


图 1-2

三、解答题

1. 某温度下,在装有催化剂且容积为 20L 的反应容器中,充入 SO_2 和 O_2 各 4mol,反应 5min 后,测得反应器内混合气体的压强为反应前压强的 80%。试求:

- (1)用 O_2 浓度变化表示该反应的化学反应速率是多少?
- (2)混合气体中, SO_3 的物质的量分数是多少?

2. 某温度时,在 2L 容器中 X、Y、Z 三种物质的物质的量随时间的变化曲线如图 1-3 所示。由图中数据分析,求:(1)反应的化学方程式。(2)反应开始至 2min,Z 的平均反应速率。

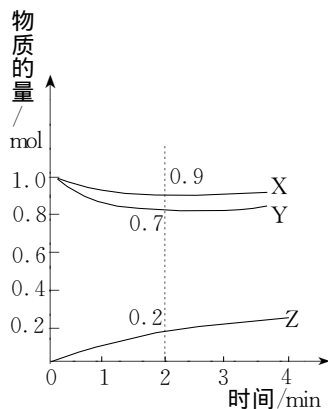


图 1-3

3. 将等物质的量的 A、B 混合于 2L 的密闭容器中,发生如下反应: $3\text{A}(\text{气}) + \text{B}(\text{气}) \rightleftharpoons x\text{C}(\text{气}) + 2\text{D}(\text{气})$,经 5min 后,测得 D 的浓度为 $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{A}):c(\text{B})=3:5$,C 的平均反应速率是 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。求:

- (1)此时 A 的浓度及反应开始前放入容器中 A、B 物质的量。
- (2)B 的平均反应速率。
- (3)x 值是多少?

第二节 化学平衡

训练目标

1. 掌握化学平衡的概念、特征,化学平衡与反应速率之间的内在联系。
2. 理解勒沙特列原理的涵义,掌握浓度、温度、压强等外界条件对化学平衡的影响。

外界条件		化学平衡移动	
		移动方向	说明
浓度	增大反应物浓度	向正反应方向移动	改变浓度不包括固体、纯液体
	增大生成物浓度	向逆反应方向移动	
压强	增大压强	向气体体积缩小方向移动	平衡混合物都是固体或液体的、反应前后气体体积相等的反应,改变压强对平衡没有影响
	减小压强	向气体体积增大方向移动	
温度	升高温度	向吸热反应方向移动	改变温度对吸热反应方向反应速率影响较大
	降低温度	向放热反应方向移动	
催化剂		不移动	可缩短反应达到平衡的时间

例题解析

例 1 在一密闭容器中,反应 $aA(g) \rightleftharpoons bB(g)$ 达到平衡后,保持温度不变,将容器体积增加一倍,当达到新的平衡时,B 的浓度是原来的 60%,则 ()

- A. 平衡向正反应方向移动了 B. 物质 A 的转化率减少了
C. 物质 B 的质量分数增加了 D. $a > b$

解析 本题旨在考查运用勒沙特列原理的技能。恒温下,体积增大一倍,即为压强减小的过程,平衡向气体体积增大的方向移动。已知 B 的浓度不是原来的 $1/2(50\%)$,而是 60%,故平衡必向生成 B 的方向移动。

答案 A、C

例 2 在密闭容器中充入 A、B 或 G、H 进行可逆反应: $aA + bB \rightleftharpoons gG + hH + Q$

图 1-4 中 I 和 II 分别表示在虚线所示部位改变温度和压强对化学反应速率与化学平衡的影响,则下列的结论中正确的是 ()

- A. 开始时充入 G 和 H, $a + b < g + h, Q < 0$ B. 开始时充入 G 和 H, $a + b < g + h, Q > 0$
C. 开始时充入 G 和 H, $a + b > g + h, Q > 0$ D. 开始时充入 A 和 B, $a + b > g + h, Q > 0$

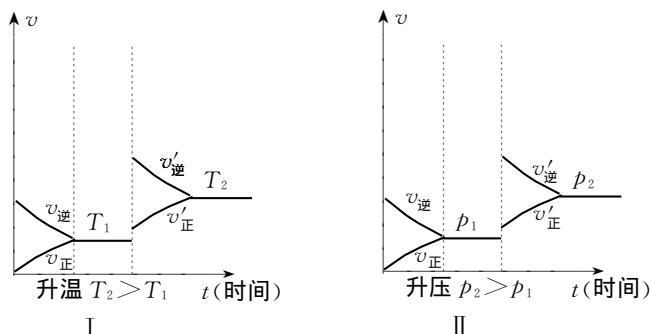


图 1-4

解析 从图可知 $v_{\text{正}}$ 的起点为零,这表明开始充入的不是反应物 A、B,而是由逆反应开始的,所以选项中的 D 是错的。

由图 I 在虚线处升温($T_2 > T_1$) $v'_{\text{逆}}$ 、 $v'_{\text{正}}$ 均增大,但 $v'_{\text{逆}}$ 增大的比 $v'_{\text{正}}$ 多($v'_{\text{逆}} > v'_{\text{正}}$),说明此反应的正反应是放热的反应, $Q > 0$ 。故 A 错误。

由图 II 在虚线处升压($p_2 > p_1$),也是 $v'_{\text{逆}}$ 增大的比 $v'_{\text{正}}$ 多,这表明此反应是气体体积增大的反应。 $a + b < g + h$,故 C 不对。

答案 B

同步训练

一、选择题

1. 将固体 NH_4I 置于密闭容器中,在某温度下发生下列反应:



当反应达到平衡时, $c(\text{H}_2) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{HI}) = 4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则此时 NH_3 的浓度为 ()

- A. $3.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ C. $4.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

2. 一定温度下,可逆反应 $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ 在体积固定的密闭容器中反应,达到平衡状态的标志是 ()

- A. A 和 D 的生成速率相等
B. 容器内 A、B、C、D 四种物质共存
C. 容器中 A、B、C、D 的物质的量浓度相等
D. 容器内的压强不随时间变化

3. 已建立化学平衡的某可逆反应,当改变条件使化学平衡向正反应方向移动时,下列有关叙述正确的是 ()

①生成物的体积分数一定增加 ②生成物的产量一定增加 ③反应物的转化率一定增大 ④反应物浓度一定降低 ⑤正反应速率一定大于逆反应速率 ⑥使用了合适的催化剂

- A. ①② B. ②⑤ C. ③⑤ D. ④⑥

4. 现有三个体积相等的密闭容器,都进行下列反应: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{气}) + \text{CO}$

反应所处的温度相同,但起始浓度不同。其中甲: $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = a \text{ mol}$,乙: $n(\text{CO}_2) = a \text{ mol}$ 、 $n(\text{H}_2) = 2a \text{ mol}$,丙: $n(\text{CO}_2) = n(\text{H}_2) = n[\text{H}_2\text{O}(\text{气})] = a \text{ mol}$,达到平衡时,CO 的物质的量由大到小的顺序是 ()

- A. 甲 > 乙 > 丙 B. 甲 > 丙 > 乙
C. 乙 > 丙 > 甲 D. 乙 > 甲 > 丙

5. 如图 1-5 中 a 曲线表示一定条件下可逆反应 $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g}) + \text{W}(\text{s}) + \text{Q}$ 的反应过程。若使 a 曲线变为 b 曲线,可采取的措施是 ()

- A. 加入催化剂 B. 增大 Y 的浓度
C. 降低温度 D. 增大体系压强

6. 在一定温度下,反应 $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g})$ 达到平衡的标志是 ()

- A. 单位时间生成 $n \text{ mol}$ 的 A_2 同时生成 $n \text{ mol}$ 的 AB
B. 容器内的总压不随时间变化
C. 单位时间生成 $2n \text{ mol}$ 的 AB 同时生成 $n \text{ mol}$ 的 B_2
D. 单位时间生成 $n \text{ mol}$ 的 A_2 同时生成 $n \text{ mol}$ 的 B_2

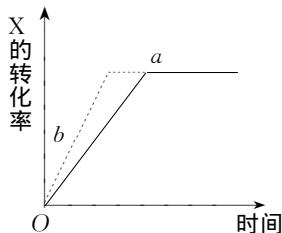


图 1-5

7. 下列各组数据反映可逆反应 $2A \rightleftharpoons B + 3C$ 处于平衡状态的是 ()

正反应速率

逆反应速率

- A. $v(A) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$ $v(B) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$
 B. $v(A) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$ $v(B) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$
 C. $v(A) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$ $v(B) = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$
 D. $v(A) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$ $v(C) = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}$

8. 丁烷可发生下列分解反应并建立平衡: $C_4H_{10}(\text{气}) \rightleftharpoons CH_4(\text{气}) + C_3H_8(\text{气})$, 将 2 mol 丁烷放入密闭容器中, 达平衡时, 丁烷的分解率为 25%, 则平衡时混合气对氮气的相对密度为 ()

- A. 29 B. 14.5 C. 11.6 D. 5.8

9. 某温度下, 在固定容积的密闭容器中, 可逆反应 $A(\text{g}) + 3B(\text{g}) \rightleftharpoons 2C(\text{g})$ 达到平衡, 测平衡时, A、B、C 物质的量之比 $n(A) : n(B) : n(C) = 2 : 2 : 1$ 。若保持温度不变, 以 2 : 2 : 1 的物质的量之比再充入 A、B 和 C, 下列判断中正确的是 ()

- A. 平衡向正反应方向移动 B. 平衡不会发生移动
 C. C 的质量分数增大 D. C 的质量分数可能减小

10. 对某一可逆反应来说, 使用催化剂的作用是 ()

- A. 提高反应物的平衡转化率 B. 以同样程度改变正逆反应的速率
 C. 增大正反应速率, 减小逆反应速率 D. 改变平衡时混合物的组成

11. 图 1-6 表示外界条件(温度、压强)的变化对下列反应的影响: $L(\text{s}) + G(\text{g}) \rightleftharpoons 2R(\text{g}) - Q$, 在图中, Y 轴是指 ()

- A. 平衡混合气中 R 的体积分数
 B. 平衡混合气中 G 的体积分数
 C. G 的转化率
 D. L 的转化率

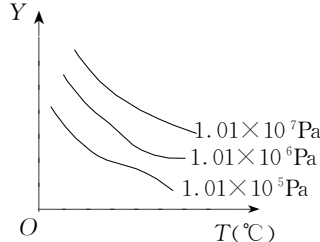


图 1-6

12. 可逆反应 $3A(\text{g}) \rightleftharpoons 3B(?) + C(?) - Q$ 随着温度的升高, 气体平均相对分子质量有变小趋势, 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 可能都是气体

13. 在密闭容器中, 下列反应达到平衡后, 缩小容器体积, 温度不变, 混合气体平均相对分子质量不增大的是 ()

- A. $2NH_3(\text{气}) + CO_2(\text{气}) \rightleftharpoons CO(NH_2)_2(\text{固}) + H_2O(\text{气})$
 B. $C(\text{固}) + H_2O(\text{气}) \rightleftharpoons CO(\text{气}) + H_2(\text{气})$
 C. $H_2(\text{气}) + Br_2(\text{气}) \rightleftharpoons 2HBr(\text{气})$
 D. $2NH_3(\text{气}) \rightleftharpoons 3H_2(\text{气}) + N_2(\text{气})$

14. 反应: $2X(\text{气}) + Y(\text{气}) \rightleftharpoons 2Z(\text{气}) + \text{热量}$, 在不同温度(T_1 和 T_2) 及压强(p_1 和 p_2) 下, 产物 Z 的物质的量(n_Z) 与反应时间(t) 的关系如图 1-7 所示。下述判断正确的是 ()

- A. $T_1 < T_2, p_1 < p_2$ B. $T_1 < T_2, p_1 > p_2$
 C. $T_1 > T_2, p_1 > p_2$ D. $T_1 > T_2, p_1 < p_2$

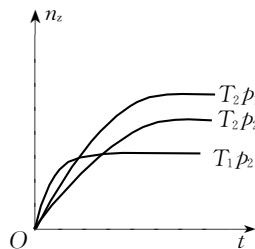
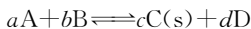


图 1-7

二、填空题

1. 将等物质的量的 A、B、C、D 四种物质混合, 发生如下反应:

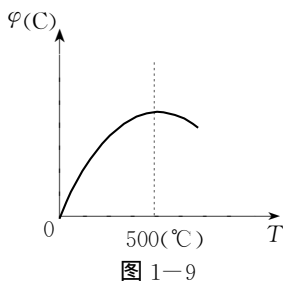
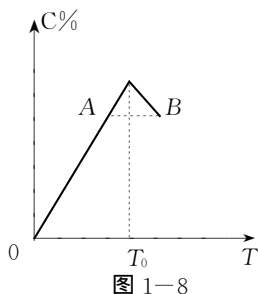


当反应进行一定时间后,测得 A 减少了 n mol, B 减少了 $\frac{n}{2}$ mol, C 增加了 $\frac{3}{2}n$ mol, D 增加了 n mol, 此时达到化学平衡, 试回答:

- (1) 该化学方程式中各物质的化学计量数为: $a = \underline{\hspace{1cm}}$, $b = \underline{\hspace{1cm}}$, $c = \underline{\hspace{1cm}}$, $d = \underline{\hspace{1cm}}$ 。
- (2) 若只改变压强, 反应速率发生变化, 但平衡不发生移动, 该反应中各物质的聚集状态: A 为 体, B 为 体, D 为 体。
- (3) 若只升高温度, 反应一段时间后, 测知四种物质的量又达到相等, 则该反应为 (填“放热”或“吸热”) 反应。

2. 某温度下, 1 L 密闭容器加入 1 mol N_2 和 3 mol H_2 , 使反应: $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ 达到平衡, 测得平衡混合气体 N_2 、 H_2 、 NH_3 的物质的量分别为 m mol、 n mol、 g mol。如温度不变, 只改变初始物质的加入量, 而要求 m 、 n 、 g 总维持不变, 则 N_2 、 H_2 、 NH_3 的加入量用 x 、 y 、 z 表示时, 应满足条件:

- (1) 若 $x=0$, $y=0$, 则 $z = \underline{\hspace{1cm}}$ 。
 - (2) 若 $x=0.75$ mol, 则 $y = \underline{\hspace{1cm}}$, $z = \underline{\hspace{1cm}}$ 。
 - (3) x 、 y 、 z 应满足的一般条件是(用含 x 、 y 、 z 的方程式表示) 。
3. 对于反应 $2A + B \rightleftharpoons 2C$ 在反应过程中 C 的百分含量随温度变化如图 1-8, 则
- (1) T_0 对应的 $v_{\text{正}}$ 与 $v_{\text{逆}}$ 的关系是 。
 - (2) 正反应为 热反应。
 - (3) A、B 两点正反应速率的大小关系是 。
 - (4) 温度 $T < T_0$ 时, C% 逐渐增大的原因是 。



4. 可逆反应 $A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 在反应过程中 C 的体积分数 $\varphi(C)$ 与温度 T 的关系如图 1-9 所示。请回答:

- (1) 该反应是 (填“吸热”或“放热”) 反应。
- (2) $T < 500^\circ\text{C}$ 时, $\varphi(C)$ 逐渐增大的原因是 。
- (3) $T > 500^\circ\text{C}$ 时, $\varphi(C)$ 逐渐减小的原因是 。

三、解答题

1. 将一定量的 SO_3 放入定容的密闭容器中, 在一定条件下发生反应 $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g)$, 达到平衡时, O_2 的浓度为 0.1 mol/L, 反应混合气的密度为 20 g/L。 SO_3 的分解率为多少?

2. 二氧化氮按下式进行分解: $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$, 在 390°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时建立平衡, 此时的混合气体对氢气的相对密度为 19.6。试求二氧化氮的分解百分率。

3. 高温下, NO_2 在密闭容器中发生反应: $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO} + \text{O}_2$ 达到平衡时 NO 的物质的量占混合气体总物质的量的 40%。

(1) 求平衡时 NO_2 、 O_2 的物质的量各占混合气体总物质的量的百分数。

(2) 平衡时容器内的压强为最初压强的几倍?

4. 在 273K 时把 11.5g N_2O_4 气体通入体积为 500mL 的真空密闭容器中, 立即出现了红棕色。反应进行到 2s 时, NO_2 含量为 0.01mol, 进行到 60s 时达到平衡, 此时容器内混合气的密度是氢气密度的 28.75 倍, 则:

(1) 开始 2s 内用 N_2O_4 表示的反应速率为多少?

(2) 达平衡时, 体系的压强是开始时的多少倍?

(3) 平衡时 N_2O_4 的物质的量?

(4) 平衡后, 若压缩容器体积, 则再达平衡后, NO_2 浓度将如何变化?

5. 在 1L 密闭容器中装入 $a\text{mol}$ N_2 和 $b\text{mol}$ 的 H_2 , 在一定条件下发生化学反应, 经 3s 后达到化学平衡, 此时有 $c\text{mol}$ 的 NH_3 生成。试求用 N_2 、 H_2 和 NH_3 表示的反应速率各是多少? 达到平衡时 N_2 和 H_2 的浓度是多少?

第三节 合成氨工业

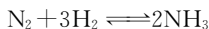
训练目标

掌握合成氨原理并学会应用化学反应速率和化学平衡原理来选择合成氨的适宜条件,了解合成氨生产的主要流程。

例题解析

例 1 将一定量 N_2 与 H_2 (体积比为 1 : 3) 的混合气体通入合成塔, 反应达到平衡后, NH_3 的体积分数为 16%, 则平衡混合气体中 N_2 的体积分数为_____, H_2 的转化率为_____。

解析 设起始时 N_2 的体积为 1 个单位, H_2 的体积为 3 个单位, N_2 的转化量为 x , 则



起始量 1 3 0

转化量 x $3x$ $2x$

平衡量 $1-x$ $3-3x$ $2x$

由题意知: $\frac{2x}{(1-x) + (3-3x) + 2x} \times 100\% = 16\%, x = \frac{8}{29}$

N_2 的体积分数为 $\frac{1-x}{4-2x} \times 100\% = \frac{1-\frac{8}{29}}{4-2 \times \frac{8}{29}} \times 100\% = 21\%$

H_2 的转化率为 $\frac{3x}{3} \times 100\% = \frac{8}{29} \times 100\% = 27.6\%$

答案 21% 27.6%

例 2 X、Y、Z 三种气体, 把 $a\text{mol}$ X 和 $b\text{mol}$ Y 充入一密闭容器中, 发生反应 $\text{X} + 2\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$, 达到平衡时, 若它们的物质的量满足 $n(\text{X}) + n(\text{Y}) = n(\text{Z})$, 则 Y 的转化率是 ()

A. $\frac{a+b}{5} \times 100\%$ B. $\frac{2(a+b)}{5b} \times 100\%$ C. $\frac{2(a+b)}{5} \times 100\%$ D. $\frac{a+b}{5a} \times 100\%$

解析 $\text{X} + 2\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$

初始物质的量(mol) a b 0

变化物质的量(mol) $\frac{n}{2}$ n n

平衡物质的量(mol) $a - \frac{n}{2}$ $b - n$ n

$a - \frac{n}{2} + b - n = n, n = \frac{2(a+b)}{5}$

$\frac{2(a+b)}{5} \div b \times 100\% = \frac{2(a+b)}{5b} \times 100\%$

答案 B

同步训练

一、选择题

1. 在 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 的反应中, 使用催化剂的理由是 ()

- A. 使平衡向正反应方向移动
B. 没有催化剂该反应不发生
C. 使化学反应速率增大
D. 抑制逆反应的发生

2. 在密闭容器中, 反应 $m\text{A}(\text{气}) + n\text{B}(\text{固}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{气})$ 达到平衡, 缩小容器体积, 则 A 的百分含量增加, 下列式子中适于上述反应的是 ()

- A. $m+n < p$ B. $m+n > p$ C. $m < p$ D. $m = p$

3. 工业上合成氨的反应是在 500°C 左右进行, 这是因为 ()

- A. 500°C 时此反应速率最快
B. 500°C 时 NH_3 的平衡浓度最大
C. 500°C 时 N_2 的转化率最大
D. 500°C 时该反应的催化剂活性最大

4. 现有可逆反应, $m\text{A}(\text{气}) + n\text{B}(\text{气}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{气})$, 图 1-10 表示同一压强 A 的转化率与 A 的转化率及反应时间的关系。下列结论中正确的是 ()

- A. $T_1 > T_2$, 正反应是吸热反应
B. $T_1 < T_2$, 正反应是放热反应
C. $T_1 < T_2$, 正反应是吸热反应
D. $T_1 > T_2$, 正反应是放热反应

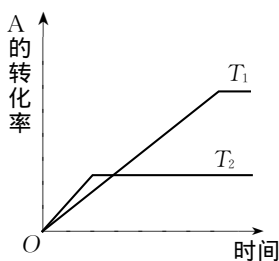


图 1-10

5. 在固定容积的密闭容器中, 氮与氢合成氨的反应达到了平衡, 此时容器中含有 0.1 mol N_2 、 0.3 mol H_2 和 0.1 mol NH_3 。若维持原来的条件, 向该容器中再同时加入 0.1 mol N_2 、 0.3 mol H_2 和 0.1 mol NH_3 , 则 ()

- A. 正、逆反应速率同时增大, 化学平衡不移动
B. 正、逆反应速率同时增大, 平衡混合气体中 NH_3 的体积分数增大
C. 正、逆反应速率同时增大, 化学平衡向逆反应方向移动
D. 正、逆反应速率不变, 化学平衡不移动

6. 在一定条件下, 合成氨反应达到平衡后, 混合气体中 NH_3 的体积占 25%。若反应前后条件保持不变, 则反应后缩小的气体体积与原反应物体积比值是 ()

- A. $\frac{1}{2}$ B. $\frac{1}{3}$ C. $\frac{1}{4}$ D. $\frac{1}{5}$

7. 合成氨的简要流程示意图如图 1-11 为

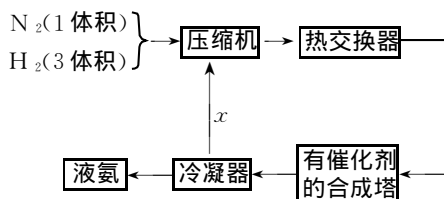


图 1-11

沿 x 路线回去的物质是 ()

- A. N_2 和 H_2 B. 催化剂 C. N_2 D. H_2

8. 下列事实中不能应用勒沙特列原理解释的是 ()

- A. 向 H_2S 水溶液中加入 NaOH 有利于 S^{2-} 增多
B. 加入催化剂有利于氨的氧化反应

C. 高压对合成氨有利

D. 500℃左右比室温更有利于合成氨的反应

9. 在密闭容器内, N_2 、 H_2 起始的物质的量分别为 10 mol、30 mol, 达到平衡时 H_2 的转化率为 25%, 若从 NH_3 开始反应时, 在相同条件下欲使平衡时各成分的百分含量与前者相同, 则应加 NH_3 的物质的量和 NH_3 的转化率为 ()

A. 15 mol 和 25% B. 20 mol 和 50% C. 20 mol 和 75% D. 40 mol 和 80%

10. 在一定条件下, 可逆反应 $\text{X}(\text{g}) + 3\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$ 达到平衡时有 50% 的 Y 转化为气体 Z, 若 X 的转化率为 25%, 则起始时充入容器中的 X 与 Y 的物质的量之比应为 ()

A. 3 : 2 B. 1 : 2 C. 1 : 3 D. 2 : 3

11. 合成氨所需的氢气可由煤和水反应制得, 其中有一步反应为 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{Q}$. 欲提高 CO 的转化率, 可采用的方法是 ()

A. 增大 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的浓度 B. 增大 CO 的浓度
C. 降低温度 D. 增大压强

12. 为进一步提高合成氨的生产效率, 科研中最有开发价值的是 ()

A. 寻求 N_2 的新来源
B. 研制低温下活性较大的催化剂
C. 研制 500℃左右活性较大的催化剂
D. 研制耐高温、高压的材料, 用于建造氨合成塔

二、填空题

1. 近年来, 某些自来水厂在用液氯进行消毒处理时, 还加入少量液氨, 其反应的化学方程式为: $\text{NH}_3 + \text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2\text{Cl}$. NH_2Cl 较稳定, 试分析加液氨能延长液氯杀菌时间的原因: _____。

2. 合成氨工业上, 氢气的来源是(用化学方程式表示) _____, 氮气的来源一是 _____, 二是 _____; 合成氨反应的特点是 _____, 工业上选用适宜的条件是 _____。

三、解答题

1. 将 N_2 和 H_2 按一定比例混合, 在相同状况下其密度是 H_2 的 3.6 倍。取 0.5 mol 该混合气体盛入密闭容器内, 使之发生反应并在一定条件下达到平衡。已知反应达到平衡后容器内压强是相同条件下反应前压强的 0.76 倍。试求:

(1) 反应前混合气体中 N_2 和 H_2 的体积比。
(2) 达平衡时混合气体中氨的物质的量。
(3) 平衡时 N_2 的转化率。

2. 在合成氨反应中, 合成塔入口气体体积比为 $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 6 : 18 : 1$, 出口气体体积比为 $\text{N}_2 : \text{H}_2 : \text{NH}_3 = 9 : 27 : 8$. 求 H_2 的转化率。

3. 常温时, N_2O_5 是一种白色固体, 加热升温时可迅速汽化, 并发生如下反应:



在 0.5L 密闭容器中, 将 2.0 mol N_2O_5 加热汽化, 并按上式反应进行, 且在该温度下达到平衡。经实验测知 O_2 的平衡浓度为 4.4 mol/L, N_2O_3 的平衡浓度为 1.6 mol/L。试计算:

(1) N_2O 的平衡浓度。

(2) N_2O_5 的分解率。

4. 同温同压下 1 体积的 N_2 和 3 体积的 H_2 混合后相互反应, 在高温、高压下反应达到平衡时, N_2 的转化率为 25%。求平衡状态下混合气的平均分子量。

综合能力测试

一、选择题

- 在一定温度下,可逆反应 $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$ 达到平衡的标志是 ()
 A. C 的生成速率与 B 的消耗速率相等
 B. 单位时间内生成 a mol C,同时生成 a mol D
 C. 反应混合物中 A、B、C、D 的分子数相同
 D. 反应混合物中 A、B、C、D 的质量分数不再变化
- 在一定温度下可逆反应: $A_2(\text{气}) + B_2(\text{气}) \rightleftharpoons 2AB(\text{气})$ 达到平衡的标志是 ()
 A. 单位时间生成 n mol 的 A_2 ,同时生成 n mol 的 AB
 B. 容器内的总压强不随时间变化
 C. 单位时间生成 $2n$ mol 的 AB,同时生成 n mol 的 B_2
 D. 单位时间生成 n mol 的 A_2 ,同时生成 n mol 的 B_2
- 在一个 6L 的密闭容器中,放入 3L $X(g)$ 和 2L $Y(g)$,在一定条件下发生下列反应: $4X(g) + 3Y(g) \rightleftharpoons 2Q(g) + nR(g)$,达到平衡后,容器内温度不变,混合气体的压强比原来增加 5%,X 的浓度减小 $\frac{1}{3}$,则该反应的化学方程式中 n 值是 ()
 A. 3
 B. 4
 C. 5
 D. 6
- 向四个体积相同的密闭容器中充入一定量 SO_2 和 O_2 ,开始反应时,按反应速率由大到小排列顺序正确的是 ()
 甲: 500°C , 10 mol SO_2 和 5 mol O_2 起反应
 乙: 500°C , 用 V_2O_5 做催化剂, 10 mol SO_2 和 5 mol O_2 起反应
 丙: 450°C , 8 mol SO_2 和 5 mol O_2 起反应
 丁: 500°C , 8 mol SO_2 和 5 mol O_2 起反应
 A. 甲、乙、丙、丁
 B. 乙、甲、丙、丁
 C. 乙、甲、丁、丙
 D. 甲、乙、丁、丙
- 体积相同的甲、乙两个容器中,分别都充有相同物质的量的 SO_2 和 O_2 ,在相同温度下发生反应: $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$ 并达到平衡。在这过程中,甲容器保持体积不变,乙容器保持压强不变,若甲容器中 SO_2 的转化率为 $p\%$,则乙容器中 SO_2 的转化率 ()
 A. 等于 $p\%$
 B. 大于 $p\%$
 C. 小于 $p\%$
 D. 无法判断
- 反应 $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)$ 在 10L 密闭容器中进行,半分钟后,水蒸气的物质的量增加了 0.45 mol,由此反应的平均速率 $\bar{v}(x)$ (反应物的消耗速率或产物的生成速率)可表示为 ()
 A. $\bar{v}(NH_3) = 0.010 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$
 B. $\bar{v}(O_2) = 0.0010 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$
 C. $\bar{v}(NO) = 0.0010 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$
 D. $\bar{v}(H_2O) = 0.045 \text{ mol} \cdot L^{-1} \cdot s^{-1}$
- 某温度时,浓度都是 $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ 的两种气体 X_2 和 Y_2 ,在密闭容器中反应生成气体 Z,达到平衡后 $c(X_2)$ 为 $0.4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, $c(Y_2)$ 为 $0.8 \text{ mol} \cdot L^{-1}$,生成的 $c(Z)$ 为 $0.4 \text{ mol} \cdot L^{-1}$,则该反应式(Z 用 X、Y 表示)是 ()
 A. $X_2 + 2Y_2 \rightleftharpoons 2XY_2$
 B. $2X_2 + Y_2 \rightleftharpoons 2X_2Y$
 C. $X_2 + 3Y_2 \rightleftharpoons 2XY_3$
 D. $3X_2 + Y_2 \rightleftharpoons 2X_3Y$
- 在一定条件下,在密闭容器里进行如下可逆反应: $S_2Cl_2(\text{橙黄色液体}) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2SCl_2(\text{鲜红色液体}) + 5.16 \text{ kJ}$,下列说法不正确的是 ()
 A. 单位时间里生成 $n \text{ mol } S_2Cl_2$,同时生成 $n \text{ mol } Cl_2(g)$,则反应达到平衡
 B. 达到平衡时,若升高温度,压强不变,反应混合液颜色变浅
 C. 达到平衡时,单位时间里有 $n \text{ mol } S_2Cl_2$ 消耗,同时有 $n \text{ mol } Cl_2(g)$ 生成
 D. 其他条件不变,增加氯气,平衡向正反应方向移动,氯气的转化率一定提高