

有关转化率的几个重要规律

1、一般规律：可逆反应 $aA(g)+bB(g) \rightleftharpoons pC(g)+qD(g)$ 达平衡后：

- (1)若只增大 $c(A)$ ，平衡右移，达新平衡时，B 转化率增大，A 转化率反而减小。即：两种或两种以上的反应物达到平衡时，增加其中一种反应物浓度，其它反应物转化率提高，而自身转化率降低
- (2)恒温恒压时，若按原反应物比例同倍数增大 A 和 B 的量，达新平衡时
- ①当 $a+b > p+q$ 时，A、B 的转化率都不变
 - ②当 $a+b < p+q$ 时，A、B 的转化率都不变
 - ③当 $a+b = p+q$ 时，A、B 的转化率都不变 (此时为 T, P 一定时的“量比等效”)
- (3)恒温恒容时，若按原反应物比例同倍数增大 A 和 B 的量，达新平衡时：
- ①当 $a+b > p+q$ 时，A、B 的转化率都增大
 - ②当 $a+b < p+q$ 时，A、B 的转化率都减小
 - ③当 $a+b = p+q$ 时，A、B 的转化率都不变 (此时为 T, V 一定 $\Delta n=0$ 时的“量比等效”)

2、特殊：反应物只有一种时，可逆反应 $aA(g) \rightleftharpoons pB(g)+qC(g)$ 达到平衡后，增加反应物 A 的量，达新平衡时

- (1)压强和温度保持不变时
- ①当 $a > p+q$ 时，A 的转化率都不变
 - ②当 $a < p+q$ 时，A 的转化率都不变
 - ③当 $a = p+q$ 时，A 的转化率都不变 (此时为 T, P 一定时的“量比等效”)
- (2)体积和温度保持不变
- ①当 $a > p+q$ 时，A 的转化率增大
 - ②当 $a < p+q$ 时，A 的转化率减小
 - ③当 $a = p+q$ 时，A 的转化率不变 (此时为 T, V 一定 $\Delta n=0$ 时的“量比等效”)

3、压强、温度的变化，引起平衡向正反应方向移动时，反应物的转化率一定升高，反之降低

例 1、在一密闭容器中充入 1mol NO_2 ，建立如下平衡： $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ，测得 NO_2 的转化率为 $a\%$ ，在其它条件不变下，再充入 1mol NO_2 ，待新平衡建立时，又测得 NO_2 的转化率为 $b\%$ ，则 a 与 b 的关系为()

- A. $a > b$ B. $a < b$ C. $a = b$ D. 无法确定

例 2、一个真空密闭容器中盛有 1mol PCl_5 ，加热到 200°C 时发生了反应： $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ ，反应达到平衡时 PCl_5 的分解率为 $M\%$ ，若在同一温度和同样容器中最初投入的是 2mol PCl_5 ，反应达到平衡时 PCl_5 的分解率为 $N\%$ 。 M 与 N 的关系是()

- A. $M < N$ B. $M > N$ C. $M = N$ D. 无法确定

例 3、体积和温度保持不变，对于下列可逆反应

- ①达到平衡状态： $2\text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ ，若 $c(\text{HI})$ 增大，HI 的转化率_____
- ②达到平衡状态： $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$ ，若 $c(\text{NO}_2)$ 增大， NO_2 的转化率_____
- ③达到平衡状态： $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ ，若 $c(\text{PCl}_5)$ 增大， PCl_5 的转化率_____

4、化学平衡中 T, V 一定，“等比再充”的问题

两个体积相同的密闭容器 A、B，在 A 中充入 2mol SO_2 和 3mol O_2 ，在 B 中充入 4mol SO_2 和 6mol O_2 ，加热到相同温度，有如下反应 $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$ ，反应平衡时，设容器 A 达到平衡时 SO_2 的转化率为 α ，容器 B 平衡时 SO_2 的转化率为 β

	$2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$		
化学计量系数	2	1	2
起始量 (mol)			
转化量 (mol)			
平衡 (mol)			

	$2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$		
化学计量系数	2	1	2
起始量 (mol)			
转化量 (mol)			
平衡 (mol)			

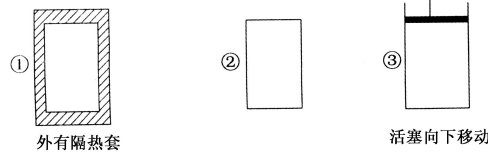
常见的比较类型：

- (1) SO_2 的转化率：A _____ B, α _____ β
- (2) O_2 的转化率：A _____ B
- (3) 化学反应速率：A _____ B
- (4) SO_2 的浓度： $c(\text{A})$ _____ $c(\text{B})$; $2c(\text{A})$ _____ $c(\text{B})$
- (5) O_2 的浓度： $c(\text{A})$ _____ $c(\text{B})$; $2c(\text{A})$ _____ $c(\text{B})$
- (6) SO_3 的浓度： $c(\text{A})$ _____ $c(\text{B})$; $2c(\text{A})$ _____ $c(\text{B})$
- (7) 压强： $P(\text{A})$ _____ $P(\text{B})$; $2P(\text{A})$ _____ $P(\text{B})$
- (8) SO_2 体积分数： $w(\text{A})$ _____ $w(\text{B})$
- (9) O_2 体积分数： $w(\text{A})$ _____ $w(\text{B})$
- (10) SO_3 体积分数： $w(\text{A})$ _____ $w(\text{B})$
- (11) 平均相对分子质量： $M(\text{A})$ _____ $M(\text{B})$
- (12) 能量的变化： $Q(\text{A})$ _____ $Q(\text{B})$; $2Q(\text{A})$ _____ $Q(\text{B})$

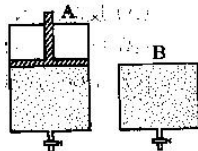
【课后练习】

- 1、在相同温度下，有相同体积的甲、乙两容器，甲容器中充入 1mol N_2 和 1mol H_2 ，乙容器中充入 2mol N_2 和 2mol H_2 。反应达平衡过程中，错误的是()
 - A. 化学反应速率：乙 > 甲
 - B. 平衡后 N_2 的浓度：乙 > 甲
 - C. H_2 的转化率：乙 > 甲
 - D. 平衡混合气中 H_2 的体积分数：乙 > 甲
- 2、两个体积相同的密闭容器 A、B，在 A 中充入 SO_2 和 O_2 各 1mol ，在 B 中充入 SO_2 和 O_2 各 2mol ，加热到相同温度，有如下反应 $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$ ，对此反应，下述不正确的是()
 - A. 反应速率 $B > A$
 - B. SO_2 的转化率 $B > A$
 - C. 平衡时各组分含量 $B = A$
 - D. 平衡时容器的压强 $B > A$
- 3、在恒温时，一固定容积的容器内发生如下反应： $2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$ 达到平衡时，再向容器内通入一定量的 $\text{NO}_2(g)$ ，重新达到平衡后，与第一次平衡时相比 NO_2 的体积分数()
 - A. 不变
 - B. 增大
 - C. 减小
 - D. 无法判断

- 4、一容积恒定的密闭容器中盛有 1mol PCl_5 ，加热到 200°C 时发生反应： $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ ，反应达到平衡时， PCl_5 所占体积百分数为 $M\%$ ，若在同一温度下和同一容器中，最初投入的是 2mol PCl_5 ，反应达到平衡时， PCl_5 所占体积百分数为 $N\%$ ，则 M 和 N 的正确关系是()
- A. $M > N$ B. $M < N$ C. $M = N$ D. 无法比较
- 5、(多选)在一定温度下，向容积固定不变的密闭容器中充入 $a\text{mol NO}_2$ ，发生如下反应： $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ ； $\Delta H < 0$ 。达平衡后再向容器中充入 $a\text{mol NO}_2$ ，再次达到平衡后，与原平衡比较，下列叙述不正确的是()
- A. 平均相对分子质量增大 B. NO_2 的转化率提高 C. NO_2 的质量分数增大
D. 反应放出的总热量大于原来的 2 倍 E. 压强为原来的 2 倍 F. 颜色变浅
- 6、在恒温恒容的甲、乙密闭容器中，分别充入 1mol NH_3 和 2mol NH_3 ，平衡时，甲、乙两容器中混合气体的平均平均相对分子质量分别为 x 和 y ，则 x 和 y 的大小关系为()
- A. $x > y$ B. $x < y$ C. $x = y$ D. 无法判断
- 7、将装有 1mol NH_3 的密闭容器加热，部分 NH_3 分解后达到平衡，此混合气体中 NH_3 的体积分数为 $x\%$ ；若在同一容器中最初充入的是 2mol NH_3 ，密封、加热到相同温度，反应达到平衡时，设此时混合气体中 NH_3 的体积分数为 $y\%$ 。则 x 和 y 的正确关系是()
- A. $x > y$ B. $x < y$ C. $x = y$ D. $x \geq y$
- 8、体积相同的甲、乙两个容器中，分别充有等物质的量的 SO_2 和 O_2 ，在相同温度下发生反应： $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 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 $p\%$ ，乙容器中 SO_2 的转化率为()
- A. 等于 $p\%$ B. 大于 $p\%$ C. 小于 $p\%$ D. 无法判断
- 9、在温度不变下，在恒压容器 a 与恒容容器 b 中，分别充入体积比为 1:3 的 N_2 和 H_2 。若开始时两容器的体积相等，且在相同条件下达到平衡时，两容器中 N_2 的转化率应当是()
- A. a 中大 B. b 中大 C. a、b 中一样大 D. 无法判断
- 10、两个极易导热的密闭容器 A 和 B，容器 A 容积恒定，容器 B 容积可变，在温度压强和起始体积相同的条件下往 A 和 B 中分别充入等物质的量的 NO_2 ，发生反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ $\Delta H < 0$ ，以下说法正确的是()
- A. 反应起始时，两容器中的反应速率关系是 $v(\text{A}) < v(\text{B})$ B. 反应过程中，两容器内的反应速率关系为 $v(\text{A}) < v(\text{B})$
C. 两容器内的反应达到平衡所需时间一定相同 D. 反应达到平衡时，两容器内的压强关系是 $p(\text{A}) > p(\text{B})$
- 11、将 $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{Br}_2(\text{g})$ 充入恒容密闭容器，恒温下发生反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HBr}(\text{g})$ $\Delta H < 0$ ，平衡时 $\text{Br}_2(\text{g})$ 的转化率为 a ；若初始条件相同，绝热下进行上述反应，平衡时 $\text{Br}_2(\text{g})$ 的转化率为 b 。 a 与 b 的关系是()
- A. $a > b$ B. $a = b$ C. $a < b$ D. 无法确定
- 12、在如图所示的三个容积相同的容器①②③中进行如下反应： $3\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ $\Delta H < 0$ ，若起始温度相同，分别向三个容器中通入 3mol A 和 1mol B ，则达到平衡时各容器中 C 物质的体积分数由大到小的顺序为()



- A. ③②① B. ③①② C. ①②③ D. ②①③
- 13、(多选)一定条件下存在反应： $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，其正反应放热。现有三个相同的 2L 恒容绝热(与外界没有热量交换)密闭容器 I、II、III，在 I 中充入 1mol CO 和 $1\text{mol H}_2\text{O}$ ，在 II 中充入 1mol CO_2 和 1mol H_2 ，在 III 中充入 2mol CO 和 $2\text{mol H}_2\text{O}$ ， 700°C 条件下开始反应。达到平衡时，下列说法正确的是()
- A. 容器 I、II 中正反应速率相同 B. 容器 I、III 中反应的平衡常数相同
C. 容器 I 中 CO 的物质的量比容器 II 中的多 D. 容器 I 中 CO 的转化率与容器 II 中 CO_2 的转化率之和小于 1
- 14、 2.0mol PCl_3 和 1.0mol Cl_2 充入体积不变的密闭容器中，在一定条件下发生下述反应： $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$ ，达平衡时， PCl_5 为 0.40mol ，如果此时移走 1.0mol PCl_3 和 0.50mol Cl_2 在相同的温度下再达平衡时 PCl_5 的物质的量是()
- A. 0.40mol B. 0.20mol C. 小于 0.20mol D. 大于 0.20mol ，小于 0.40mol
- 15、将 1mol SO_2 和 1mol O_2 通入体积不变的密闭容器中，在一定温度和催化剂作用下，反应达到平衡时 SO_3 为 0.3mol ，若此时移走 0.5mol O_2 和 0.5mol SO_2 则反应达到新的平衡时， SO_3 的物质的量是()
- A. 0.3mol B. 0.15mol C. 小于 0.15mol D. 大于 0.15mol 而小于 0.3mol
- 16、有两只密闭容器 A 和 B。A 容器有一个可以移动的活塞能使容器内保持恒压，B 容器能保持恒容。起始时向这两个容器中分别充入等物质的量的体积比为 2:1 的 SO_2 和 O_2 的混合气体，并使 A 和 B 容积相等(如图所示)。在保持 400°C 的条件下使之发生如下反应： $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ 。试填写下列空格：



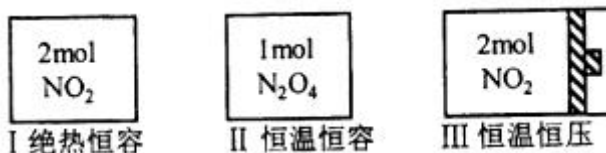
- ①刚开始时 A、B 两容器中的反应速率 V_A V_B ②反应进行过程中 A、B 两容器中的反应速率 V_A V_B
③反应到达平衡所需的时间 t_A t_B ④平衡时两容器内 SO_2 的浓度 c_A c_B
⑤平衡时两容器内气体总分子数 N_A N_B ⑥平衡时两容器内混合气体密度 ρ_A ρ_B
⑦平衡时两容器内混合气体平均相对分子质量 M_A M_B ⑧平衡时两容器内 SO_2 的转化率 α_A α_B
⑨反应达到平衡后，若向两容器中通入等量的 Ar 气，A 容器中的化学平衡 移动，B 容器中的化学平衡 移动
⑩反应达到平衡后，若向两容器中通入等物质的量的原反应气体，达到平衡时，A 容器的混合气体中 SO_3 的体积分数 (填“增大”、“减小”或“不变”，下同)；B 容器的混合气体中 SO_3 的体积分数

【课后作业】

- 1、在一定条件下，向两个容积固定且相同的密闭容器中分别充入一定量的 $\text{PCl}_5(\text{g})$ 和 $\text{NO}_2(\text{g})$ ，分别达到平衡($\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$ ， $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ，均为气态)后， PCl_5 和 NO_2 的转化率均为 $a\%$ 。保持温度、容积不变，向两个容器中分别再充入 1 mol PCl_5 和 1 mol NO_2 ，又达到平衡时 PCl_5 和 NO_2 的转化率分别为 $b\%$ 和 $c\%$ ，则下列关系中正确的是()
- A. $b > a > c$ B. $c > a > b$ C. $a > b > c$ D. $a = b = c$
- 2、相同温度下，有相同容积的甲、乙两容器，甲容器中充入 1 g N_2 和 1 g H_2 ，乙容器中充入 2 g N_2 和 2 g H_2 。下列叙述中不正确的是()
- A. 化学反应速率：乙 > 甲 B. 平衡后 N_2 的浓度：乙 > 甲
C. H_2 的转化率：乙 > 甲 D. 平衡混合气中 H_2 的体积分数：乙 > 甲
- 3、某温度下，在固定容积的密闭容器中，可逆反应 $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ 达到平衡时，各物质的物质的量之比为 $n(\text{A}) : n(\text{B}) : n(\text{C}) = 2 : 2 : 1$ 。保持温度不变，以 $2 : 2 : 1$ 的物质的量之比再充入 A、B、C，则()
- A. 平衡不移动 B. 再达平衡时， $n(\text{A}) : n(\text{B}) : n(\text{C})$ 仍为 $2 : 2 : 1$
C. 再达平衡时，C 的体积分数增大 D. 再达平衡时，正反应速率增大，逆反应速率减小
- 4、 2.0 mol PCl_3 和 1.0 mol Cl_2 充入体积不变的密闭容器中，在一定条件下发生下述反应： $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$ ，达平衡时， PCl_5 为 0.40 mol ，如果此时再充入 1.0 mol PCl_3 和 0.50 mol Cl_2 ，在相同温度下再达平衡时 PCl_5 的物质的量是()
- A. 0.40 mol B. 0.60 mol C. 大于 0.60 mol D. 大于 0.40 mol ，小于 0.60 mol
- 5、(多选)定容容器 A 与定压容器 B 的体积开始时相同，内皆装有同质量，同物质的量之比的 SO_2 与 O_2 混合气体，经一定时间在相同温度下达到平衡。有关叙述正确的是()
- A. A、B 中 SO_2 的转化率相同 B. B 中的反应速率比 A 中快
C. B 中 SO_2 的转化率比 A 中高 D. 若 A、B 中皆再加入同量的氩气，平衡不移动
- 6、将 4.0 mol PCl_3 和 2.0 mol Cl_2 充入体积不变的密闭容器中，在一定条件下发生下述反应： $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$ 。达到平衡时， PCl_5 为 0.80 mol ，如果此时移走 2.0 mol PCl_3 和 1.0 mol Cl_2 ，在相同温度下再达平衡时 PCl_5 的物质的量是()
- A. 0.8 mol B. 0.4 mol C. 小于 0.4 mol D. 大于 0.4 mol ，小于 0.8 mol
- 7、在温度、容积相同的 2 个密闭容器中，按不同方式投入反应物，保持恒温、恒容，测得反应达到平衡时的有关数据如下，已知 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，下列说法正确的是()

容器	甲	乙
反应物投入量	1 mol N_2 、 3 mol H_2	4 mol NH_3
NH_3 的浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	c_1	c_2
反应的能量变化	放出 $a \text{ kJ}$	吸收 $b \text{ kJ}$
气体密度	ρ_1	ρ_2
反应物转化率	α_1	α_2

- A. $c_1 < c_2 < 2c_1$ B. $a + b > 92.4$ C. $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ D. $\rho_2 = 3\rho_1$
- 8、(多选)现有三个体积相同的密闭容器，按下图所示投料，并在 $T^\circ\text{C}$ 条件下开始反应，其中容器 I 保持恒压 100 kPa 。已知：分压 = 总压 \times 物质的量分数，对于 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ $\Delta H < 0$ ， $T^\circ\text{C}$ 时，标准平衡常数 $K^\ominus = \{p(\text{N}_2\text{O}_4)/100 \text{ kPa}\} / \{[p(\text{NO}_2)]/100 \text{ kPa}\}^2 = 0.75$ ，式中 $p(\text{N}_2\text{O}_4)$ 、 $p(\text{NO}_2)$ 为气体分压。下列说法正确的是()



- A. 达平衡时，容器 II 中 N_2O_4 转化率小于 50%
B. 达平衡时，容器 I 中 N_2O_4 分压比容器 III 中的大
C. 达平衡时，容器 I 中 N_2O_4 的体积分数比容器 II 中的大
D. 若起始时向容器 III 中充入 $2 \text{ mol N}_2\text{O}_4$ 、 2 mol NO_2 ，达到平衡前 $v(\text{正}) < v(\text{逆})$
- 9、(多选)一定温度下，在三个容积均为 1.0 L 的恒容密闭容器中发生反应： $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$ $\Delta H < 0$ 。下列说法正确的是()

容器编号	温度/K	物质的起始浓度/ mol/L			物质的平衡浓度/ mol/L
		$c(\text{CH}_3\text{OH})$	$c(\text{CO})$	$c(\text{CH}_3\text{COOH})$	$c(\text{CH}_3\text{COOH})$
I	530	0.50	0.50	0	0.40
II	530	0.20	0.20	0.40	
III	510	0	0	0.50	

- A. 达平衡时，容器 I 与容器 II 中的总压强之比为 $3:4$
B. 达平衡时，容器 II 中 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{CH}_3\text{OH})}$ 比容器 I 中的大
C. 达平衡时，容器 III 中的正反应速率比容器 I 中的大
D. 达平衡时，容器 I 中 CH_3OH 转化率与容器 III 中 CH_3COOH 转化率之和小于 1

- 10、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，测得反应达到平衡时的有关数据如下，已知 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ $\Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，下列说法正确的是()

容器	甲	乙	丙
反应物的投入量	1 mol N_2 、 3 mol H_2	2 mol NH_3	4 mol NH_3
NH_3 的浓度($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	c_1	c_2	c_3
反应的能量变化	放出 $a \text{ kJ}$	吸收 $b \text{ kJ}$	吸收 $c \text{ kJ}$
体系的压强(Pa)	p_1	p_2	p_3
反应物的转化率	α_1	α_2	α_3

- A. $2c_1 > c_3$ B. $a + b = 92.4$ C. $2p_2 < p_3$ D. $\alpha_1 + \alpha_3 = 1$

- 11、在相同温度下，体积均为1 L的四个密闭容器中，保持温度和容积不变，以四种不同的投料方式进行反应。平衡时有关数据如下(已知 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ $\Delta H = -196.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)。下列关系正确的是()

容器	甲	乙	丙	丁
起始投料量	$2 \text{ mol SO}_2 + 1 \text{ mol O}_2$	$1 \text{ mol SO}_2 + 0.5 \text{ mol O}_2$	2 mol SO_3	$2 \text{ mol SO}_2 + 2 \text{ mol O}_2$
反应放出或吸收的热量(kJ)	a	b	c	d
平衡时 $c(\text{SO}_3)$ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	e	f	g	h

- A. $a = c$; $e = g$ B. $a > 2b$; $e > 2f$ C. $a > d$; $e > h$ D. $c + 98.3e > 196.6$

- 12、(多选)汽车尾气净化器中发生的反应为 $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ 。一定温度下，在三个体积均为1.0L恒容密闭容器中发生上述反应，测得有关实验数据如下，下列说法正确的是()

容器	温度/ $^{\circ}\text{C}$	起始物质的量 (mol)				平衡物质的量 (mol)	
		NO	CO	N_2	CO_2	N_2	CO_2
I	400	0.2	0.2	0	0		0.12
II	400	0.4	0.4	0	0		
III	300	0	0	0.1	0.2	0.075	

- A. 容器I中达到平衡所需时间2s，则 $v(\text{N}_2) = 0.06 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 B. 该反应的 $\Delta S < 0$ 、 $\Delta H < 0$
 C. 达到平衡时，体系中 $c(\text{CO})$ 关系： $c(\text{CO}, \text{容器II}) > 2c(\text{CO}, \text{容器I})$
 D. 若起始时向I中充入NO、CO、 N_2 、 CO_2 各0.1mol，开始时 $V_{\text{正}} > V_{\text{逆}}$

- 13、一定条件下存在反应： $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，其正反应放热。现有三个相同的2L恒容绝热(与外界没有热量交换)密闭容器I、II、III，各容器中充入的物质的物质的量如下表，700 $^{\circ}\text{C}$ 条件下开始反应。达到平衡时，下列说法正确的是()

容器	充入容器中的物质的物质的量
I	1 mol CO 和 1 mol H_2O
II	1 mol CO_2 和 1 mol H_2
III	2 mol CO 和 2 mol H_2O

- A. 容器I、II中正反应速率相同
 B. 容器I、III中反应的平衡常数相同
 C. 容器I中CO的物质的量比容器II中的少
 D. 容器I中CO的转化率与容器II中 CO_2 的转化率之和小于1

- 14、一定温度下，在3个体积均为1.0L的恒容密闭容器中反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ 达到平衡。下列说法正确的是()

容器	温度/K	物质的起始浓度/mol/L			物质的平衡浓度/mol/L	SO_2 或 SO_3 平衡转化率
		$c(\text{SO}_2)$	$c(\text{O}_2)$	$c(\text{SO}_3)$	$c(\text{SO}_3)$	
I	723	0.2	0.1	0	0.16	a_1
II	723	0.4	0.2	0		a_2
III	823	0	0	0.2		a_3

- A. 达到平衡时， $a_1 + a_3 > 1$
 B. 达到平衡时，容器中的压强： $P_{\text{II}} > P_{\text{I}} > P_{\text{III}}$
 C. 达到平衡时，容器III中的逆反应速率比容器I中的大
 D. 若起始时，向容器I中充入0.16mol SO_2 、0.04mol O_2 和0.16mol SO_3 ，则此时反应向逆反应方向进行

15、一定温度下($T_2 > T_1$)，在3个体积均为2.0L的恒容密闭容器中反应 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{ClNO}(\text{g})$ (正反应放热)达到平衡，下列说法正确的是()

容器	温度/ $^{\circ}\text{C}$	物质的起始浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$			物质的平衡浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
		$c(\text{NO})$	$c(\text{Cl}_2)$	$C(\text{ClNO})$	$C(\text{ClNO})$
I	T_1	0.20	0.10	0	0.04
II	T_2	0.20	0.10	0.20	c_1
III	T_3	0	0	0.20	c_2

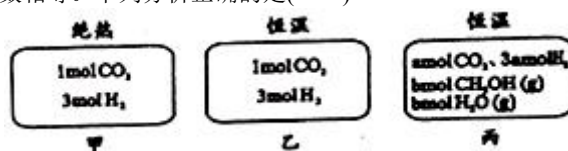
- A. 达到平衡时，容器I与容器II中的总压强之比为1:2
 B. 达到平衡时，容器III中ClNO的转化率小于80%
 C. 达到平衡时，容器II中 $c(\text{ClNO})/C(\text{NO})$ 比容器I中的大
 D. 若温度为 T_1 ，起始时向同体积恒容密闭容器中充入 $0.20\text{molNO}(\text{g})$ 、 $0.2\text{molCl}_2(\text{g})$ 和 $0.20\text{molClNO}(\text{g})$ ，则该反应向正反应方向进行
- 16、一定温度下，在三个容积相同的恒容密闭容器中按不同方式投入反应物，发生反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ (正反应放热)，测得反应的相关数据如下，下列说法正确的是()

	容器1	容器2	容器3
反应温度 T/K	700	700	800
反应物投入量	2 mol SO_2 、1 mol O_2	4 mol SO_3	2 mol SO_2 、1 mol O_2
平衡 $v_{\text{正}}(\text{SO}_2)/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	v_1	v_2	v_3
平衡 $c(\text{SO}_3)/\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	c_1	c_2	c_3
平衡体系总压强 p/Pa	p_1	p_2	p_3
物质的平衡转化率 α	$\alpha_1(\text{SO}_2)$	$\alpha_2(\text{SO}_3)$	$\alpha_3(\text{SO}_2)$
平衡常数 K	K_1	K_2	K_3

- A. $v_1 < v_2$, $c_2 < 2c_1$ B. $K_1 > K_3$, $p_2 > 2p_3$ C. $v_1 < v_3$, $\alpha_1(\text{SO}_2) > \alpha_3(\text{SO}_2)$ D. $c_2 > 2c_3$, $\alpha_2(\text{SO}_3) + \alpha_3(\text{SO}_2) < 1$
- 17、在 $T^{\circ}\text{C}$ 下，分别在三个容积为10L的恒容绝热密闭容器中，发生反应： $2\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{S}(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H > 0$ ，测得相关数据如下表所示。下列说法正确的是()

容器	起始时物质的量/mol				平衡时 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的物质的量/mol
	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{SO}_2(\text{g})$	$\text{S}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	
甲	1	0.5	0.5	0	a
乙	1	0.5	0	0	0.8
丙	2	1	0	0	b

- A. 其他条件不变，容器乙达到平衡后，再充入体系中四种气体各1mol，平衡逆向移动
 B. $b = 1.6$
 C. 平衡常数： $K_{\text{甲}} > K_{\text{乙}}$
 D. 其他条件不变，向容器甲再充入1mol CO，平衡常数(K)不变
- 18、在初始温度为 500°C 、容积恒定为10L的三个密闭容器中，如图充料发生反应： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -25\text{kJ/mol}$ 。已知乙达到平衡时气体的压强为开始时的0.55倍；乙、丙中初始反应方向不同，平衡后对应各组分的体积分数相等。下列分析正确的是()



- A. 刚开始反应时速率：甲>乙 B. 平衡后反应放热：甲>乙
 C. 500°C 下该反应平衡常数： $K = 3 \times 10^2$ D. 若 $a \neq 0$ ，则 $0.9 < b < 1$
- 19、(多选)一定温度下，在3个体积均为1.0L的恒容密闭容器中反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 达到平衡，下列说法正确的是()

容器	温度/K	物质的起始浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$			物质的平衡浓度/ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
		$c(\text{H}_2)$	$c(\text{CO})$	$c(\text{CH}_3\text{OH})$	$c(\text{CH}_3\text{OH})$
I	400	0.20	0.10	0	0.080
II	400	0.40	0.20	0	
III	500	0	0	0.10	0.025

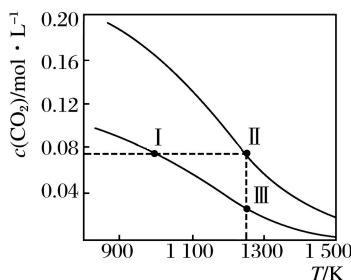
- A. 该反应的正反应放热 B. 达到平衡时，容器I中反应物转化率比容器II中的大
 C. 达到平衡时，容器II中 $c(\text{H}_2)$ 大于容器III中 $c(\text{H}_2)$ 的两倍 D. 达到平衡时，容器III中的正反应速率比容器I中的大

20、二甲醚是一种重要的清洁燃料，可以通过 CH_3OH 分子间脱水制得： $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = -23.5 \text{ kJ/mol}$ 。一定温度下，容积均为 2 L 的甲、乙两固定容积的密闭容器中，发生上述反应。测得有关数据如下表。下列说法正确的是()

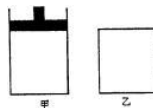
容器	甲	乙
反应物投入量	2 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$	2 mol $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$ 、2 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
平衡时		
$n(\text{CH}_3\text{OCH}_3)/\text{mol}$	0.8	a
反应物的转化率	α_2	α_1

A. $\alpha_1 + \alpha_2 > 1$ B. $0.8 < \alpha < 1.0$ C. 若甲中反应 2 min 时达到平衡，则 2 min 内的平均反应速率 $v(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ D. 甲中达平衡后再加入 0.2 mol $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ 、0.2 mol $\text{CH}_3\text{OCH}_3(\text{g})$ 和 0.4 mol $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，平衡正向移动

21、在体积均为 1.0 L 的两恒容密闭容器中加入足量的相同的碳粉，再分别加入 0.1 mol CO_2 和 0.2 mol CO_2 ，在不同温度下反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ 达到平衡，平衡时 CO_2 的物质的量浓度 $c(\text{CO}_2)$ 随温度的变化如图所示(图中 I、II、III 点均处于曲线上)。下列说法不正确的是()

A. 反应 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ 的 $\Delta S > 0$ 、 $\Delta H > 0$ B. 体系的总压强 $p_{\text{总}}$: $p_{\text{总}}(\text{状态 II}) > 2p_{\text{总}}(\text{状态 I})$ C. 体系中 $c(\text{CO})$: $c(\text{CO}, \text{状态 II}) < 2c(\text{CO}, \text{状态 III})$ D. 逆反应速率 $v_{\text{逆}}$: $v_{\text{逆}}(\text{状态 I}) > v_{\text{逆}}(\text{状态 III})$

22、将 4 mol SO_2 与 2 mol O_2 的混合气分别置于容积相等的甲、乙两容器中，发生反应： $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$; $\Delta H < 0$ ，在相同温度下，使其均达到平衡状态。甲是恒压容器，乙是恒容容器。甲容器达到平衡状态时，测得混合气体的物质的量为 4.2 mol；乙容器经 50s 达到平衡状态。请回答：

(1) 甲容器达到平衡时 SO_2 的转化率是_____，其所需时间_____50s (填“大于”、“小于”或“等于”)(2) 达到平衡状态后，要使甲、乙两容器中 SO_2 物质的量相等，可采取的措施是_____ (填字母)

A. 保持温度不变，适当扩大甲容器的容积

B. 保持容积不变，使乙容器升温

C. 保持容积和温度不变，向乙容器中加入适量 $\text{SO}_3(\text{g})$ D. 保持容积和温度不变，向甲容器中加入适量 $\text{SO}_3(\text{g})$

23、在 $T^\circ\text{C}$ 条件下，向 1 L 固定体积的密闭容器 M 中加入 2 mol X 和 1 mol Y，发生如下反应： $2\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons a\text{Z}(\text{g}) + \text{W}(\text{g})$ $\Delta H = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ($Q > 0$, a 为正整数)。当反应达到平衡后，反应放出的热量为 $Q_1 \text{ kJ}$ ，物质 X 的转化率为 α ；若平衡后再升高温度，混合气体的平均相对分子质量减小，则：

(1) 化学计量数 a 的值为_____

(2) 下列说法中能说明该反应达到了化学平衡状态的是_____

A. 容器内压强一定

B. 容器内气体的密度一定

C. 容器内 Z 分子数一定

D. 容器内气体的质量一定

(3) 温度维持 $T^\circ\text{C}$ 不变，若起始时向容器 M 中加入的物质的量如下列各项，则反应达到平衡后放出的热量仍为 $Q_1 \text{ kJ}$ 的是_____ (稀有气体不参与反应)

A. 2 mol X、1 mol Y、1 mol Ar

B. $a \text{ mol Z}$ 、1 mol W

C. 1 mol X、0.5 mol Y、0.5a mol Z、0.5 mol W

D. 2 mol X、1 mol Y、1 mol Z

(4) 温度维持 $T^\circ\text{C}$ 不变，若起始时向容器 M 中加入 4 mol X 和 6 mol Y，若达到平衡时容器内的压强减小了 10%，则反应中放出的热量为_____ kJ(5) 温度维持 $T^\circ\text{C}$ 不变，若在一个和原容器体积相等的恒压容器 N 中，加入 2 mol X 和 1 mol Y 发生如上反应并达平衡，则_____ (选填 M 或 N) 容器中的反应先达到平衡状态，容器中 X 的质量分数 M_____N (选填 >、<、= 符号)

(6) 已知：该反应的平衡常数随温度的变化如下表：

温度/ $^\circ\text{C}$	200	250	300	350
平衡常数 K	9.94	5.2	1	0.5

若在某温度下，2 mol X 和 1 mol Y 在容器 M 中反应达平衡，X 的平衡转化率为 50%，则该温度为_____ $^\circ\text{C}$

24、 $t^\circ\text{C}$ 时，将 3 mol A 和 1 mol B 气体通入容积为 2 L 的密闭容器中，发生如下反应 $3\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons x\text{C}(\text{g})$ ，2 min 时反应到达平衡状态 (温度不变)，此时容器内剩余了 0.8 mol B，并测得 C 的浓度为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。请填写下列空白：

(1) 从反应开始到平衡状态，生成 C 的平均反应速率为_____

(2) $x =$ _____(3) 若向原平衡混合物的容器中再充入 $a \text{ mol C}$ ，在 $t^\circ\text{C}$ 时达到新的平衡，此时 B 的物质的量为 $n(\text{B}) =$ _____

(4) 保持温度和容积不变，对原平衡混合物中三者的物质的量作如下调整，可使平衡向右移动的是_____

A. 均减半

B. 均加倍

C. 均增加 0.4 mol

D. 均减少 0.4 mol

(5) 如果上述反应在相同温度和容积的容器中进行，起始加入 3 mol A 和 3 mol B，达到平衡时 A 的体积分数为 $a\%$ 。其它条件不变时，按下列配比作为起始物质，平衡时 A 的体积分数大于 $a\%$ 的是_____ (填字母)

A. 2 mol C

B. 1 mol A、3 mol B 和 4 mol C

C. 1 mol B 和 4 mol C

D. 6 mol A 和 2 mol B

【有关转化率的几个重要规律】答案

【课后练习】

1、D 2、C 3、C 4、B 5、CEF 6、B 7、B 8、B 9、A 10、B 11、A 12、A 13、CD 14、C 15、C

【课后作业】

1、B

2、D



解析 容器中发生的反应为 $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ 。相同容积的容器中充入不同量

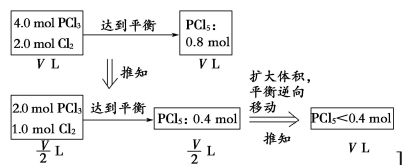
容器中压强大, 化学反应速率: 乙>甲, A 正确; 根据勒夏特列原理可知, 平衡时乙容器中 N_2 的浓度应大于甲容器, 但会小于甲容器中 N_2 浓度的 2 倍, B 正确; 乙容器中压强较大, 平衡向正反应方向移动, 所以 H_2 的转化率: 乙>甲, C 正确; 平衡混合气中 H_2 的体积分数: 乙<甲, D 错误。

3、C

解析: 题述操作相当于增大压强, 平衡向气体分子数减小的方向移动, 即向正反应方向移动, A 项错误; 平衡后 c 的物质的量分数增大, B 项错误; 平衡后 c 的体积分数增大, C 项正确; 增大压强, 再达平衡时正、逆反应速率都增大, D 项错误。

4、C

5、BC



6、C [已知:

7、B

解析: 考查了化学平衡影响因素、等效平衡、化学平衡的计算的相关知识。甲容器反应物投入 1 mol N_2 、3 mol H_2 , 乙容器反应物投入量 4 mol NH_3 , 若恒温且乙容器容积是甲容器 2 倍, 则甲容器与乙容器也是等效平衡, 在温度、容积相同的 2 个密闭容器中, 乙所到达的平衡, 可以当成在恒温且容积是甲容器两倍条件下, 到达平衡后, 再压缩体积与甲容器相等所到达的平衡; A. 体积缩小 1 倍, 压强增大 1 倍, 若氮气的转化率不变, 则 $\alpha_2 = 2\alpha_1$, 但平衡向正反应移动, 氮气的转化率降低。故 $\alpha_2 > 2\alpha_1$, 故 A 错误; B. 若乙中开始投入 2 mol NH_3 , 则甲与乙是等效的, 甲与乙的反应的能量变化之和为 92.4 kJ, 但乙中为 4 mol NH_3 , 分解的 NH_3 较 2 mol NH_3 时多, 故 $a + b > 92.4$, 故 B 正确; C. 若乙中开始投入 2 mol NH_3 , 则甲与乙是等效的, 甲与乙的反应物转化率之和为 1, 但乙中为 4 mol NH_3 , 较 2 mol NH_3 时的转化率低, 故 $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$, 故 C 错误; D. 乙中混合气体的质量为甲中的 2 倍, 体积相同, 密度之比等于质量之比, 故 $\rho_2 = 2\rho_1$, 故 D 错误; 故选 B。

8、AD

【解析】若在恒温恒容条件下, 三个容器中的反应为等效平衡。A. 将容器 I 中 2 mol NO_2 转化为 N_2O_4 , 可得 1 mol N_2O_4 , 设有 x mol N_2O_4 反应生成 NO_2 , 根据已知条件容器 I 中保持恒压 100 kPa, $T^\circ\text{C}$ 时, 标准平衡常数

$$K^\ominus = \frac{p(\text{N}_2\text{O}_4)/100\text{kPa}}{[p(\text{NO}_2)/100\text{kPa}]^2} = 0.75, \text{ 可知 } \frac{\frac{x}{1-x+2x} \times 100}{(\frac{2x}{1-x+2x})^2} = 0.75, \text{ 解得 } x = 0.5, \text{ 因此 } \text{N}_2\text{O}_4 \text{ 转化率}$$

$= \frac{0.5}{1} \times 100\% = 50\%$, 达到平衡时由于容器 I 是绝热恒容, 容器 II 是恒温恒容, 所以达到平衡时容器 I 中的温

度高于容器 II 中的温度, 而该反应是放热反应, 因此平衡时容器 II 中 N_2O_4 转化率小于 50%, A 正确; B. 容器 I 是绝热恒容, 达平衡时, 容器 I 中的温度高于容器 III 中的温度, 容器 I 中 N_2O_4 的物质的量小于容器 III, 因此容器 I 中 N_2O_4 分压比容器 III 中的小, B 错误; C. 容器 I 是绝热恒容, 达平衡时, 容器 I 中的温度高于容器 II 中的温度, 导致容器 I 中 N_2O_4 的物质的量小于容器 II, 因此容器 I 中 N_2O_4 的体积分数比容器 II 中的小, C 错误; D. 若起始时向容器 III 中充入 2 mol N_2O_4 、2 mol NO_2 , 由于容器 III 保持恒温恒压, 则必须扩大容器的体积, 而该反应是气体体积减小的反应, 所以在达到平衡前该反应一直向逆反应方向进行, 因此达到平衡前 $v(\text{正}) < v(\text{逆})$, D 正确; 答案选 AD。

9、BD

【解析】分析：根据 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$ 可知，容器 I 中起始量与容器 II 等效，但温度不同；容器 II 中的起始量为相同条件容器 I 中的 1.2 倍，再结合等效平衡和平衡的移动判断两容器中气体的物质的量之间的关系。

详解：A. 根据 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$ 可知容器 II 中的起始量为相同条件容器 I 中的 1.2 倍，相当于增大压强的结果，增大压强，平衡正向移动，容器 I 中平衡时浓度之和为 $0.4 + 0.1 + 0.1 = 0.6 \text{ mol/L}$ ，因此达平衡时，容器 II 中平衡时浓度之和小于 $0.6 \text{ mol/L} \times 1.2 = 0.72 \text{ mol/L}$ ，容器 I 与容器 II 中的总压强之比大于 $0.6 : 0.72 = 5 : 6 > 3 : 4$ ，故 A 错误；B. 根据 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$ 可知容器 II 中的起始量为相同条件容器 I 中的 1.2 倍，相当于增大压强的结果，增大压强，平衡正向移动，则 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COOH})}{c(\text{CH}_3\text{OH})}$ 增大，故 B

正确；C. 根据 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$ 可知，容器 I 中起始量与容器 II 等效，但容器 II 中的温度低，温度越低，反应速率越慢，因此达平衡时，容器 II 中的正反应速率比容器 I 中的小，故 C 错误；D. 根据 $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{g})$ 可知，容器 I 中起始量与容器 II 等效；该反应为放热反应，降低温度，平衡正向移动， CH_3COOH 的转化率减小，因此达平衡时，容器 I 中 CH_3OH 转化率与容器 II 中 CH_3COOH 转化率之和小于 1，故 D 正确；故选 BD。

10、B

【解析】分析：甲容器内的平衡与乙容器内平衡是等效平衡，所以平衡时 NH_3 的浓度相等，即 $c_1 = c_2$ ，丙容器反应物投入量 4 mol NH_3 ，是乙的二倍，相当于增大压强，平衡正移，所以丙中氨气的浓度大于乙中氨气浓度的二倍，即 $c_3 > 2c_2$ ，即 $c_3 > 2c_1$ ， $2P_2 > P_3$ ， $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ ，所以 $\alpha_1 + \alpha_3 < 1$ 。

详解：A. 甲容器内的平衡与乙容器内平衡是等效平衡，所以平衡时 NH_3 的浓度相等，即 $c_1 = c_2$ ，丙容器反应物投入量 4 mol NH_3 ，是乙的二倍，相当于增大压强，平衡正移，所以丙中氨气的浓度大于乙中氨气浓度的二倍，即 $c_3 > 2c_2$ ，即 $c_3 > 2c_1$ ，A 错误；

B. 乙中开始投入 2 mol NH_3 ，则甲与乙是等效的，甲与乙的反应的能量变化之和为 92.4 kJ ，故 $a + b = 92.4$ ，B 正确；

C. 丙容器反应物投入量 4 mol NH_3 ，是乙的二倍，反应起始时 $2P_2 = P_3$ ，由于合成氨的反应是气体体积减小的反应，故 $2P_2 > P_3$ ，C 错误；

D. 丙容器反应物投入量 4 mol NH_3 ，是乙的二倍，相当于增大压强，平衡向右移动，所以丙中氨的转化率比乙小，因为 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ ，所以 $\alpha_1 + \alpha_3 < 1$ ，D 错误。

本题选 B。

11、B

【解析】A 项，甲容器起始时反应向正反应方向进行，而丙容器起始时反应向逆反应方向进行，虽然最后是等效平衡，但 $a + c = 196.6$ ，故不正确；B 项，若将甲容器扩大为原来的 2 倍，则达平衡时甲与乙容器的浓度相等，但放出的热量是乙的 2 倍，现将甲容器再恢复为原来的体积，即加压，平衡向正反应方向移动，则放热又增多，故有 $a > 2b$ ，同理有 $e > 2f$ ，正确；C 项，丁中的 O_2 可看作是在甲平衡后再充入 1 mol O_2 ，则平衡正向移动，放热增多，即有 $a < d$ ，同时有 $e < h$ ，故不正确；D 项，根据反应：



$$\begin{array}{cc} 2 & 196.6 \\ e & a \end{array}$$

解得 $a = 98.3e$ ，由选项 A 解析可知， $a + c = 196.6$ ，即 $98.3e + c = 196.6$ ，不正确。

12、BD

【解析】分析：由表格中数据， 400°C 时 I 中，

	$2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$			
开始物质的量 (mol)	0.2	0.2	0	0
转化物质的量 (mol)	0.12	0.12	0.06	0.12
平衡物质的量 (mol)	0.08	0.08	0.06	0.12

$$K = \frac{0.06 \times 0.12^2}{0.08^2 \times 0.08^2} = 21.09, \text{ 以此解答。}$$

详解: A. 容器 I 中达到平衡所需时间 2s, 则 $v(\text{N}_2) = \frac{0.06 \text{ mol/L}}{2 \text{ s}} = 0.03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 故 A 错误;

B. 该反应为气体体积减小的反应, 则 $\Delta S < 0$, I 与 III 比较, III 极限转化为反应物时, 起始量相同, 温度低时 N_2 的平衡浓度大, 可以知道降低温度平衡正向移动, 正反应为放热反应, 即 $\Delta H < 0$, 所以 B 选项是正确的;

C. I 与 II 比较, 温度相同、起始量为 2 倍关系, 但 II 中压强大、平衡正向移动, 则达到平衡时, 体系中 $c(\text{CO})$ 关系: $c(\text{CO}, \text{容器 II}) < 2c(\text{CO}, \text{容器 I})$, 故 C 错误;

D. 起始时向 I 中充入 NO 、 CO 、 N_2 、 CO_2 各 0.1 mol, $Q_c = \frac{0.1 \times 0.1^2}{0.1^2 \times 0.1^2} = 10 < K$, 平衡正向移动, 开始时 $V_{\text{正}} > V_{\text{逆}}$,

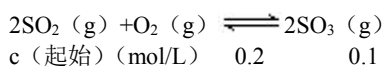
所以 D 选项是正确的。

所以 BD 选项是正确的。

13、D 【解析】A. 在 I 中充入 1 mol CO 和 1 mol H_2O , 在 II 中充入 1 mol CO_2 和 1 mol H_2 , 刚开始时, 容器 I 中正反应速率最大, 容器 II 中正反应速率为零, 达到平衡时, 容器 I 温度大于 700°C , 容器 II 温度小于 700°C , 所以容器 I 中的正反应速率大于容器 II 中正反应速率, A 错误; B. 容器 III 可看成容器 I 体积压缩一半, 各物质浓度增加一倍, 若温度恒定, 则平衡不移动; 但恒容绝热的情况下, 容器 III 中温度比容器 I 高, 更有利于平衡向逆反应方向移动, 升高温度, 平衡向吸热的逆反应方向移动, 所以化学平衡常数 $K(\text{I}) > K(\text{III})$, B 错误; C. 容器 I 从正反应方向开始, 容器 III 从逆反应方向开始, 由于该反应的正反应为放热反应, 所以反应达到平衡时, 容器 I 的温度高于容器 II, 升高温度, 化学平衡逆向移动, 因此 I 中 CO 的物质的量比容器 II 中的多, C 错误; D. 根据选项 C 可知容器 I、II 的温度不相同, 容器 I 的温度高于 700°C , 容器 II 温度低于 700°C 。若容器 II 的温度也是 700°C , 一个从正反应方向开始, 一个从逆反应方向开始, I 中 CO 的转化率与容器 II 中 CO_2 的转化率之和等于 1, 但容器 II 温度低于 700°C , 降低温度, 平衡正向移动, 使 CO_2 的转化率降低, 因此容器 I 中 CO 的转化率与容器 II 中 CO_2 的转化率之和小于 1, D 正确。

14、AC

【解析】容器 I、II 由正反应开始建立平衡, 容器 III 由逆反应开始建立平衡。设计容器 IV, 容器 IV 为 723K , 起始向 1.0L 的恒容密闭容器中加入 0.2 mol/L $\text{SO}_3(\text{g})$, 则容器 IV 达到的平衡状态与容器 I 为完全全等的等效平衡, 平衡时容器 IV 中 SO_3 的转化率与容器 I 中 SO_2 的转化率之和为 1, 平衡时 $P_{\text{I}} = P_{\text{IV}}$ 。A, 由于该反应的正反应为放热反应, 容器 III 相当于在容器 IV 达到平衡后升高温度, 平衡向逆反应方向移动, SO_3 的转化率增大, 即容器 III 中 SO_3 的平衡转化率大于容器 IV, 则 $a_1 + a_3 > 1$, A 项正确; B, 容器 I 和容器 II 温度相同, 容器 II 起始 SO_2 、 O_2 物质的量浓度都是容器 I 的两倍, 容器 II 起始压强为容器 I 起始压强的两倍, 容器 II 相当于在容器 I 达到平衡后增大压强, 平衡向正反应方向移动, 达平衡时 $2P_{\text{I}} > P_{\text{II}} > P_{\text{I}}$, 容器 III 相当于在容器 IV 达到平衡后升高温度, 平衡向逆反应方向移动, 达平衡时 $P_{\text{III}} > P_{\text{IV}}$, $P_{\text{I}} = P_{\text{IV}}$, 则 $P_{\text{III}} > P_{\text{I}}$, B 项错误; C, 容器 III 中温度高于容器 IV 中, 平衡时容器 III 中逆反应速率比容器 IV 中的大, 平衡时容器 IV 中逆反应速率与容器 I 中的相等, 平衡时容器 III 中逆反应速率比容器 I 中的大, C 项正确; D, 容器 I 平衡时 $c(\text{SO}_3) = 0.16 \text{ mol/L}$, 用三段式



c (转化) (mol/L) 0.16 0.08 0.16

c (平衡) (mol/L) 0.04 0.02 0.16

723K时化学平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)} = \frac{0.16^2}{0.04^2 \times 0.02} = 800$, 若起始时向容器 I 中充入 0.16molSO₂、0.04molO₂ 和 0.16molSO₃,

此时 SO₂、O₂、SO₃ 物质的量浓度依次为 0.16mol/L、0.04mol/L、0.16mol/L, 浓度商 $Q_c = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)} = \frac{0.16^2}{0.16^2 \times 0.04} = 25 < 800$,

此时反应向正反应方向进行, D 项错误; 答案选 AC。

15、C

【解析】A. 容器 II 相当于是 0.4mol/LNO 与 0.2mol/L 氯气开始建立平衡, 正反应体积减小, 相当于容器 I 增大了压强, 平衡正向移动, 因此达到平衡时, 容器 I 与容器 II 中的总压强之比为大于 1: 2, 选项 A 错误;

B. 容器 III 相当于是 0.2mol/LNO 与 0.1mol/L 氯气开始建立平衡, 正反应放热, 升高温度平衡逆向移动, 因此达到平衡时, 容器 III 中 NO 的转化率小于容器 I 中 NO 的转化率 (20%), 所以达到平衡时, 容器 III 中

CINO 的转化率大于 80%, 选项 B 错误; C. 容器 II 相当于是 0.4mol/LNO 与 0.2mol/L 氯气开始建立平衡, 正反应体积减小, 相当于容器 I 增大了压强, 平衡正向移动, 因此达到平衡时, 容器 II 中 $c(\text{CINO})/c(\text{NO})$ 比

容器 I 中的大, 选项 C 正确; D. 根据容器 I 中数据可知该温度下平衡常数为 $\frac{0.04^2}{0.16^2 \times 0.08} = 0.78$. 若温度为

T₁, 起始时向同体积恒容密闭容器中充入 0.20 mol NO(g)、0.2 mol Cl₂(g) 和 0.20 mol CINO(g), 则浓度熵为

$\frac{0.20^2}{0.20^2 \times 0.20} = 5 > K = 0.78$, 所以该反应向逆反应方向进行, 选项 D 错误, 答案选 C。

16、CD (2018 江苏)

【解析】分析: 对比容器的特点, 将容器 1 和容器 2 对比, 将容器 1 和容器 3 对比。容器 2 中加入 4molSO₃ 等效于在相同条件下反应物投入量为 4molSO₂ 和 2molO₂, 容器 2 中起始反应物物质的量为容器 1 的两倍,

容器 2 相当于在容器 1 达平衡后增大压强, 将容器的体积缩小为原来的一半, 增大压强化学反应速率加快, $v_2 > v_1$, 增大压强平衡向正反应方向移动, 平衡时 $c_2 > 2c_1$, $p_2 < 2p_1$, $\alpha_1(\text{SO}_2) + \alpha_2(\text{SO}_3) < 1$, 容器 1 和容

器 2 温度相同, $K_1 = K_2$; 容器 3 相当于在容器 1 达到平衡后升高温度, 升高温度化学反应速率加快, $v_3 > v_1$, 升高温度平衡向逆反应方向移动, 平衡时 $c_3 < c_1$, $p_3 > p_1$, $\alpha_3(\text{SO}_2) < \alpha_1(\text{SO}_2)$, $K_3 < K_1$ 。

详解: 对比容器的特点, 将容器 1 和容器 2 对比, 将容器 1 和容器 3 对比。容器 2 中加入 4molSO₃ 等效于在相同条件下反应物投入量为 4molSO₂ 和 2molO₂, 容器 2 中起始反应物物质的量为容器 1 的两倍, 容器 2 相当于在容器 1 达平衡后增大压强, 将容器的体积缩小为原来的一半, 增大压强化学反应速率加快, $v_2 > v_1$,

增大压强平衡向正反应方向移动, 平衡时 $c_2 > 2c_1$, $p_2 < 2p_1$, $\alpha_1(\text{SO}_2) + \alpha_2(\text{SO}_3) < 1$, 容器 1 和容器 2 温度

相同, $K_1 = K_2$; 容器 3 相当于在容器 1 达到平衡后升高温度, 升高温度化学反应速率加快, $v_3 > v_1$, 升高温度

平衡向逆反应方向移动, 平衡时 $c_3 < c_1$, $p_3 > p_1$, $\alpha_3(\text{SO}_2) < \alpha_1(\text{SO}_2)$, $K_3 < K_1$ 。根据上述分析, A 项, $v_2 > v_1$, $c_2 > 2c_1$, A 项错误; B 项, $K_3 < K_1$, $p_2 < 2p_1$, $p_3 > p_1$, 则 $p_2 < 2p_3$, B 项错误; C 项, $v_3 > v_1$, $\alpha_3(\text{SO}_2) < \alpha_1(\text{SO}_2)$, C 项正确; D 项, $c_2 > 2c_1$, $c_3 < c_1$, 则 $c_2 > 2c_3$, $\alpha_1(\text{SO}_2) + \alpha_2(\text{SO}_3) < 1$, $\alpha_3(\text{SO}_2) < \alpha_1(\text{SO}_2)$, 则 $\alpha_2(\text{SO}_3) + \alpha_3(\text{SO}_2) < 1$, D 项正确; 答案选 CD。

17、C

【解析】A.其他条件不变，容器乙达到平衡后，平衡时 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的物质的量 0.8mol ；容器的体积为 10L ，其浓度为 0.08mol/L ；



起始浓度	0.1	0.05	0	0
------	-----	------	---	---

平衡浓度	0.02	0.04	0.04	0.08
------	------	------	------	------

平衡常数 $= 0.08^2 \times 0.04 / (0.02^2 \times 0.04) = 16$ ；

平衡后再充入体系中四种气体各 1mol ，各物质浓度分别为： $\text{C}(\text{CO})=0.12\text{mol/L}$ ， $\text{C}(\text{SO}_2)=0.14\text{mol/L}$ ， $\text{C}(\text{S})=0.14\text{mol/L}$ ， $\text{C}(\text{CO}_2)=0.18\text{mol/L}$ ，反应的浓度商为 $0.18^2 \times 0.14 / (0.12^2 \times 0.14) = 2.25$ ；浓度商小于平衡常数，平衡右移，A 错误；B.丙容器中加入的各物质的物质的量是乙的 2 倍，乙容器中生成物多，温度低，平衡左移，b 小于 1.6，B 错误；C.由于是恒容绝热的密闭容器，该反应为吸热反应，甲容器多加了 $\text{S}(\text{g})$ ，相对于乙容器来说，平衡逆向移动，所以甲容器温度比乙容器温度高，平衡常数 $K_{\text{甲}} > K_{\text{乙}}$ ，C 正确；D.其他条件不变，向容器中再充入 1mol CO ，平衡右移，温度发生变化，平衡常数发生改变，D 错误；答案选 C。

18、D【解析】A. 刚开始反应时甲和乙中各组分的浓度相等，所以开始时反应速率相等，A 错误；B. 甲是一个绝热体系，随着反应的进行，放出热量，使得体系的温度升高，所以平衡逆向移动，但是乙是恒温体系，所以甲相当于在乙的基础上逆向移动了，故平衡后反应放热：甲 < 乙，B 错误；C. 设二氧化碳的转化量是 $x\text{mol}$ ，根据方程式可知



起始量 (mol)	1	3	0	0
-----------	---	---	---	---

变化量 (mol)	x	3x	x	x
-----------	---	----	---	---

平衡量 (mol)	1-x	3-3x	x	x
-----------	-----	------	---	---

则 $(1-x+3-3x+x+x)/4=0.55$ ，解得： $x=0.9$ ，所以平衡常数 $K = \frac{0.09 \times 0.09}{0.01 \times 0.03^3} = 3 \times 10^4$ ，C 错误；D. 乙、丙中初始

反应方向不同，平衡后对应各组分的体积分数相等，此时二者建立的平衡是等效的，根据 C 的计算，平衡时甲醇的物质的量是 0.9mol ，所以 $0.9 < b < 1$ ，D 正确，答案选 D。

19、AD(2016·江苏化学，15)

解析 对比容器 I 和 III 可知两者投料量相当，若温度相同，最终建立等效平衡，但 III 温度高，平衡时 $c(\text{CH}_3\text{OH})$ 小，说明平衡向逆反应方向移动，即逆反应为吸热反应，正反应为放热反应，A 正确；II 相对于 I 成比例增加投料量，相当于加压，平衡正向移动，转化率提高，所以 II 中转化率高，B 错误；不考虑温度，II 中投料量是 III 的两倍，相当于加压，平衡正向移动，所以 II 中 $c(\text{H}_2)$ 小于 III 中 $c(\text{H}_2)$ 的两倍，且 III 的温度比 II 高，相对于 II，平衡向逆反应方向移动， $c(\text{H}_2)$ 增大，C 错误；对比 I 和 III，温度相同，两者建立等效平衡两容器中速率相等，但 III 温度高，速率加快，D 正确。

20、D。A 项，由于该可逆反应前后气体分子总数不变，故甲、乙两个容器中所达平衡等效，则 $a_1 + a_2 = 1$ ，A 错；B 项，因为两容器中平衡等效，故 $a = 1.6$ ，B 错；C 项，甲中 $v(\text{CH}_3\text{OH}) = \frac{1.6\text{mol}}{2\text{min}} = 0.8\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，C 错；D 项，甲中平衡时 $n(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.4\text{mol}$ 、

$$n(\text{CH}_3\text{OCH}_3)=0.8 \text{ mol}, n(\text{H}_2\text{O})=0.8 \text{ mol}, K=\frac{0.8 \times 0.8}{(\frac{0.4}{2})^2}=4, \text{ 加入物质后, } Q_c=\frac{0.8+0.2}{2} \times \frac{0.8+0.4}{2}=\frac{10}{3}<4, \text{ 平衡正向移动, D 正确。}$$

21、D(2015·江苏, 15 改编)

解析 A 项, $\text{CO}_2(\text{g})+\text{C}(\text{s})\rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$ 是气体的物质的量增加的反应, 故 $\Delta S>0$, 观察图像知, 随着温度的升高, $c(\text{CO}_2)$ 减小, 平衡右移, 则 $\Delta H>0$, 正确; B 项, I 所在曲线表示的是通入 0.1 mol CO_2 的变化过程, 此时

	$\text{CO}_2(\text{g})+\text{C}(\text{s})\rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$		
$n(\text{始})/\text{mol}$	0.1	0	0
$n(\text{转})/\text{mol}$	0.02		0.04
$n(\text{平})/\text{mol}$	0.08		0.04

此时气体总的物质的量为 0.12 mol,

II 所在曲线表示的是通入 0.2 mol CO_2 的变化过程, 此时

	$\text{CO}_2(\text{g})+\text{C}(\text{s})\rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$		
$n(\text{始})/\text{mol}$	0.2	0	0
$n(\text{转})/\text{mol}$	0.12		0.24
$n(\text{平})/\text{mol}$	0.08		0.24

此时气体总的物质的量为 0.32 mol, 此时 II 中气体总物质的量大于 I 中气体总物质的量的 2 倍, 且 II 的温度高, 气体体积膨胀, 压强又要增大, 则 $p_{\text{平}}(\text{状态 II})>2p_{\text{平}}(\text{状态 I})$, 正确; C 项, 状态 II 和 III, 温度相同, II 中 CO_2 的投料量是 III 中 CO_2 投料量的 2 倍, 若恒容时两平衡等效, 则有 $c(\text{CO}, \text{状态 II})=2c(\text{CO}, \text{状态 III})$, 但成比例增加投料量, 相当于加压, 平衡向逆反应方向移动, 所以 $c(\text{CO}, \text{状态 II})<2c(\text{CO}, \text{状态 III})$, 正确; D 项, 状态 I 和 III 相比, III 的温度高, 反应速率快, 所以 $v_{\text{平}}(\text{状态 III})>v_{\text{平}}(\text{状态 I})$, 错误。

22、(1) 90%; 小于 (2) A、D

23、(1)1 (2)AC (3)A (4)Q (5)N > (6)350

【解析】(1)由于反应物和生成物均为气体, 气体的总质量不变, 温度升高, 平衡向逆反应方向移动, 混合气体的平均相对分子质量减小, 说明平衡向气体体积增大的方向移动, 因此 α 等于 1。(2)恒容, 且是反应前后气体体积不等的反应, 故压强不变, 可以作为平衡的标志, A 正确; 由于反应物和生成物均为气体, 气体的总质量固定, 容器体积固定, 所以密度一定, B、D 错误; C 项中 Z 分子数一定, 说明平衡不移动, 正确。(3)A 项, 充入“惰性气体”, 不影响平衡的移动, 符合, 正确; B 项, 从逆反应方向建立平衡, 需要吸收能量, 错误; C 项, 不能确定平衡建立的方向, 若逆向建立平衡, 则吸热, 若正向建立平衡, 则 $Q_2<Q_1$, 错误; D 项, 增加 Z 的量, 相当于平衡逆向移动, 放出热量少, 错误。(4)压强减少 10%, 说明气体的总物质的量减少 10%, 即 1 mol, 由 $2\text{X}(\text{g})+\text{Y}(\text{g})\rightleftharpoons \text{Z}(\text{g})+\text{W}(\text{g})$, 可知当有 2 mol X 反应时, 气体的总物质的量减少 1 mol, 说明有 2 mol X 参加反应, 则放出热量为 Q kJ。(5)由于这是气体体积减小的反应, 所以恒压条件下, 气体的体积减小, 相对于原平衡, 相当于加压, 平衡正向移动, X 的体积分数减小。化学反应速率加快, 先达到平衡。(6)由题 X 的平衡转化率为 50%, 则平衡时 $c(\text{X})=1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Y})=0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $c(\text{Z})=c(\text{W})=0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $K=\frac{c(\text{Z}) \cdot c(\text{W})}{c^2(\text{X}) \cdot c(\text{Y})}=0.5$, 则温度为 350 ℃。

24、(1)0.2 mol·L⁻¹·min⁻¹ (2)4 (3)0.8+0.2a (4)D (5)A、C、D

11. 在 $T^{\circ}\text{C}$ 条件下, 向 1L 固定体积的密闭容器 M 中加入 2 mol X 和 1 mol Y, 发生如下反应:
 $2\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{aZ}(\text{g}) + \text{W}(\text{g}) \quad \Delta H = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (Q > 0)$ 。当反应达到平衡后, 反应放出的热量为 $Q_1 \text{ kJ}$, 物质 X 的转化率为 α ; 若平衡后再升高温度, 混合气体的平均相对分子质量减小, 则

(1) 化学计量数 a 的值为 _____; 此反应的逆反应 ΔS _____ 0 (填 $<$, $>$, $=$)。

(2) 下列说法中能说明该反应达到了化学平衡状态的是 _____。

- A、容器内压强一定 B、 $v(\text{X})_{\text{正}} = 2v(\text{Y})_{\text{逆}}$
 C、容器内 Z 分子数一定 D、容器内气体的质量一定
 E、容器内气体的密度一定 F: X、Y、Z、W 的浓度之比为 2:1:a:1

(3) 维持温度不变, 若起始时向该容器中加入的物质的量如下列各项, 则反应达到平衡后(稀有气体不参与反应), 与之是等效平衡的是 _____。

- A. 2 mol X、1 mol Y、1 mol Ar B. a mol Z、1 mol W
 C. 1 mol X、0.5 mol Y、0.5a mol Z、0.5 mol W D. 2 mol X、1 mol Y、1 mol Z

(4) 维持温度不变, 若起始时向容器中加入 4 mol X 和 6 mol Y, 若达平衡时容器内的压强减小了 15%, 则反应中放出的热量为 _____ kJ。

(5) 已知: 该反应的平衡常数随温度的变化如下表:

温度/ $^{\circ}\text{C}$	150	200	250	300	350
平衡常数 K	9.94	5.2	1	0.5	0.21

试回答下列问题:

若在某温度下, 2 mol X 和 1 mol Y 在该容器中反应达平衡, X 的平衡转化率为 50%, 则该温度为 _____ $^{\circ}\text{C}$ 。

【答案】1 > ABC 1.5Q kJ 300

【解析】分析: (1) 反应放热, 若平衡后再升高温度, 则平衡向左移动, 混合气体的平均相对分子质量减小, 说明反应物气体的化学计量数之和大于生成物气体的化学计量数之和, 以此进行分析。

(2) 反应达到平衡状态时, 物质的浓度、含量、质量等不再发生变化, 由于反应前后气体的化学计量数之和不相等, 则平衡时压强不再发生变化, 由于是在固定体积的容器中反应, 则无论是否达到平衡状态, 质量和密度都不变, 由此分析解答。

(3) 对一般的可逆反应, 在 T、V 不变的条件下, 只改变起始加入情况, 只要通过可逆反应的化学计量系数比换算成平衡式左右两边同一边物质的物质的量与原平衡相同, 则二平衡等效; 据此分析解答此题。

(4) 同一条件下, 压强之比和气体的物质的量成正比, 因此压强的减小量等于气体的物质的量的减小量, 据此分析解答。

(5) 计算该温度下的平衡常数, 根据表格中平衡常数和温度的关系判断即可。

详解: (1) 反应放热, 若平衡后再升高温度, 则平衡向左移动, 混合气体的平均相对分子质量减小, 说明反应物气体的化学计量数之和大于生成物气体的化学计量数之和, 即 $2+1 > a+1$, 则 $a=1$; 反应方程式为 $2\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g}) + \text{W}(\text{g})$, $\Delta S < 0$, 此反应的逆反应 $\Delta S > 0$; 正确答案: 1; $>$ 。

(2) 由于反应前后气体的化学计量数之和不相等, 则压强不再发生变化说明达到平衡, A 正确; 反应速率之比和系数成正比, 且满足正逆反应速率关系为 $v(\text{X})_{\text{正}} = 2v(\text{Y})_{\text{逆}}$, 说明该反应达到了化学平衡状态, B 正确; 容器内 Z 分子数一定, 即 Z 的浓度不再发生变化, 反应达到了化学平衡状态, C 正确; 由于反应前后各物质均为气态, 气体的质量始终不变, 所以容器内气体的质量一定不能判断达到平衡, D 错误; 参与反应各物质均为气态, 气体总质量始终不变, 由于是在固定体积的容器中反应, 则无论是否达到平衡状态, 密度都不变, E 错误; X、Y、Z、W 的浓度之比为 2:1:a:1 只是反应的一种情况, 不能判定反应达到了化学平衡状态, F 错误; 正确选项 ABC。

(3) 针对 $2\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{aZ}(\text{g}) + \text{W}(\text{g})$ 反应, 当维持温度不变, 容器的体积不变, 加入 2 mol X 和 1 mol Y, 反应达到平衡; 当改变物质的投入量, 最终转化为反应的量与原投入量相等, 平衡等效; 维持温度不变, 容器的体积不变, 加入 2 mol X 和 1 mol Y, 反应达到平衡; 再加入稀有气体, 对该平衡无影响, 与原平衡等效, A 正确; 加入 a mol Z、1 mol W, 根据反应关系, 把生成物全部转化为反应物, 相当于加入 2 mol X 和 1 mol Y, 与原平衡等效, B 正确; 加入 1 mol X、0.5 mol Y、0.5a mol Z、0.5 mol W, 根据反应关系, 把生成物全部转化为反应物, 其量为 2 mol X 和 1 mol Y, 与原平衡等效, C 正确; 2 mol X、1 mol Y、1 mol Z, 反应物的量小于 2 mol X 和 1 mol Y, 与原平衡不等效; 正确选项 ABC。

(4)同一容器中,物质的分子数之比等于物质的量之比,当反应达到平衡时容器内的分子数目减少 15%时,气体的物质的量减少 15%,即气体的物质的量减少 $(4+6) \times 15\% = 1.5 \text{ mol}$,根据 $2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons Z(g) + W(g)$ 反应,知当气体的物质的量减少 1.5 mol 时参加反应的 X 的物质的量是 3 mol,则反应中放出的热量为 1.5Q kJ; 正确答案: 1.5Q kJ。

(5) 2 mol X 和 1 mol Y 在容器 M 中反应并达到平衡, x 的平衡转化率为 50%,



起始量 2 1 0 0

转化量 1 0.5 0.5 0.5

平衡量 1 0.5 0.5 0.5

平衡时, $c(X) = (1-0.5) \times 2 / 1 = 1 \text{ mol/L}$, $c(Y) = 0.5 / 1 = 0.5 \text{ mol/L}$, $c(Z) = c(W) = 0.5 / 1 = 0.5 \text{ mol/L}$; 平衡常数 $K = c(Z) \times c(W) /$

$c(Y) \times c^2(X) = 0.5 \times 0.5 / 1^2 \times 0.5 = 0.5$, 所以其温度是 300°C ; 正确答案: 300。

4. 有甲、乙两容器, 甲容器容积固定, 乙容器容积可变。一定温度下, 在甲中加入 2 mol N_2 、3 mol H_2 , 反应 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ 达到平衡时生成 NH_3 的物质的量为 $m \text{ mol}$ 。

(1) 相同温度下, 在乙中加入 4 mol N_2 、6 mol H_2 , 若乙的压强始终与甲的压强相等, 乙中反应达到平衡时, 生成 NH_3 的物质的量为 _____ mol (从下列各项中选择, 只填字母, 下同); 若乙的容积与甲的容积始终相等, 乙中反应达到平衡时, 生成 NH_3 的物质的量为 _____ mol。

- A. 小于 m B. 等于 m
C. 在 $m \sim 2m$ 之间 D. 等于 $2m$
E. 大于 $2m$

(2) 若开始时甲、乙两容器的容积相同, 甲保持恒温恒容达到平衡, 乙保持恒温恒压通入 2 mol N_2 和 3 mol H_2 达到平衡, 两容器平衡时, 转化率 $\alpha(\text{N}_2)$, 甲 _____ 乙 (填“>”“<”或“=”)。

【解析】(1) 由于甲容器定容, 而乙容器定压, 当它们的压强相等达到平衡时, 乙的容积应该为甲的两倍, 生成的 NH_3 的物质的量应该等于 $2m \text{ mol}$ 。当甲、乙两容器的体积相等时, 相当于将建立等效平衡后的乙容器压缩, 故乙中 NH_3 的物质的量大于 $2m \text{ mol}$ 。

(2) 起始加入量相同, 平衡时乙中的压强大, 反应程度大, $\alpha(\text{N}_2)$ 大。

【答案】(1) D E (2) <

【变式探究】有甲、乙两容器, 甲容器容积固定, 乙容器容积可变。一定温度下, 在甲中加入 2 mol N_2 、3 mol H_2 , 反应 $\text{N}_2(g) + 3\text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(g)$ 达到平衡时生成 NH_3 的物质的量为 $m \text{ mol}$ 。

(1) 相同温度下, 在乙中加入 4 mol N_2 、6 mol H_2 , 若乙的压强始终与甲的压强相等, 乙中反应达到平衡时, 生成 NH_3 的物质的量为 _____ mol (从下列各项中选择, 只填字母, 下同); 若乙的容积与甲的容积始终相等, 乙中反应达到平衡时, 生成 NH_3 的物质的量为 _____ mol。

- A. 小于 m B. 等于 m
C. 在 $m \sim 2m$ 之间 D. 等于 $2m$
E. 大于 $2m$

(2) 相同温度下, 保持乙的容积为甲的一半, 并加入 1 mol NH_3 , 要使乙中反应达到平衡时, 各物质的体积分数与上述甲容器中达到平衡时相同, 则起始时应加入 _____ mol N_2 和 _____ mol H_2 。

答案 (1) D E (2) 0.5 0

解析 (1) 由于甲容器定容, 而乙容器定压, 它们的压强相等, 达到平衡时, 乙的容积应该为甲的两倍, 生成的 NH_3 的物质的量应该等于 $2m \text{ mol}$ 。当甲、乙两容器的容积相等时, 相当于将建立等效平衡后的乙容器压缩, 故乙中 NH_3 的物质的量大于 $2m \text{ mol}$ 。

(2) 乙的容积为甲的一半时, 要建立与甲一样的平衡, 只有乙中的投入量是甲的一半才行, 故乙中应该投入 N_2 为 $(1-0.5) \text{ mol} = 0.5 \text{ mol}$, H_2 为 $(1.5-1.5) \text{ mol} = 0 \text{ mol}$ 。

9. 一定条件下, 向一带活塞的密闭容器中充入 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 , 发生下列反应: $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$, 达到平衡后改变下述条件, SO_3 气体平衡浓度不改变的是 ()

- A. 保持温度和容器体积不变, 充入 1 mol $\text{SO}_3(g)$ B. 保持温度和容器内压强不变, 充入 1 mol $\text{SO}_3(g)$
C. 保持温度和容器内压强不变, 充入 1 mol $\text{O}_2(g)$ D. 保持温度和容器内压强不变, 充入 1 mol $\text{Ar}(g)$

9、B

11. 已知甲为恒温恒压容器, 乙为恒温恒容容器。初始时, 两容器的温度、体积相同, 两容器中均充入 2 mol SO_2 和 1 mol O_2 , 且发生反应为 $2\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(g)$; $\Delta H < 0$; 当两容器都达到平衡后, 为使两者中的 SO_2 在平衡混合物中的物质的量分数相同, 下列措施中不可行的是 ()

- A. 向甲容器中再充入一定量的氦气 B. 向乙容器中再充入 2 mol 的 SO_3 气体

C. 适当降低乙容器的温度

D. 缩小甲容器的体积

11、D

11、某合成气的主要成分是一氧化碳和氢气，可用于合成甲醚等清洁燃料。由天然气获得该合成气过程中可能发生的反应有

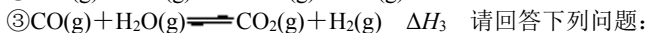
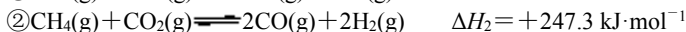
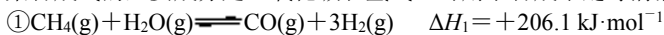
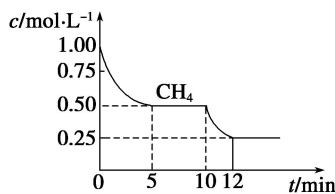
(1) 在一密闭容器中进行反应①，测得 CH_4 的物质的量浓度随反应时间的变化如图 1 所示。反应进行的前 5 min 内， $v(\text{H}_2) =$ _____；10 min 时，改变的外界条件可能是_____。

图1

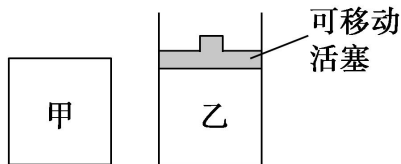


图2

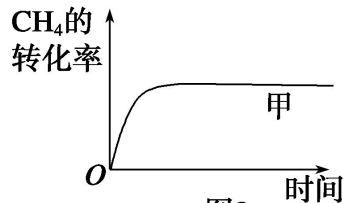
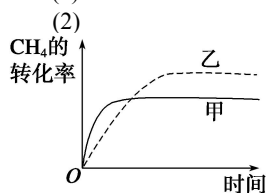
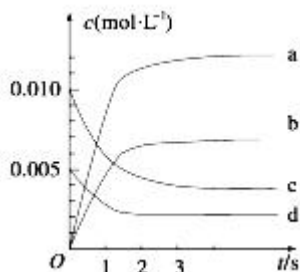


图3

(2) 如图 2 所示，在甲、乙两容器中分别充入等物质的量的 CH_4 和 CO_2 ，使甲、乙两容器初始容积相等。在相同温度下发生反应②，并维持反应过程中温度不变。已知甲容器中 CH_4 的转化率随时间的变化如图 3 所示，请在图 3 中画出乙容器中 CH_4 的转化率随时间变化的图像。11. (1) $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 升高温度(或充入水蒸气)24. 在 2 L 的密闭容器内， 500°C 时反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 体系中， $n(\text{SO}_2)$ 随时间的变化如表：

时间(s)	0	1	2	3	4	5
$n(\text{SO}_2)(\text{mol})$	0.020	0.010	0.008	0.007	0.007	0.007

(1) 写出该反应的平衡常数表达式： $K =$ _____。(2) 下图表示 SO_3 的变化的曲线是_____。用 O_2 表示从 0~2s 内该反应的平均速率 $v =$ _____。

(3) 能说明该反应已达到平衡状态的是_____。

a. $v(\text{SO}_3) = 2v(\text{O}_2)$

b. 容器内压强保持不变

c. $v_{\text{逆}}(\text{SO}_2) = 2v_{\text{正}}(\text{O}_2)$

d. 容器内密度保持不变

(4) 为使该反应的反应速率增大，且平衡向正反应方向移动的是_____。

a. 及时分离出 SO_3 气体 b. 适当升高温度 c. 增大 O_2 的浓度 d. 选择高效催化剂(5) 若在容积均为 2 L 的密闭容器内， 500°C 时按不同方式投入反应物，发生反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (Q > 0)$ ，保持恒温恒容。初始投料与各容器达到平衡时的有关数据如下：

实验	甲	乙	丙
初始投料	2mol SO_2 、 1mol O_2	2mol SO_3	4mol SO_2 、 2mol O_2
平衡时 $n(\text{SO}_3)$	0.5mol	n_2	n_3
反应的能量变化	放出 $Q_1 \text{ kJ}$	吸收 $Q_2 \text{ kJ}$	放出 $Q_3 \text{ kJ}$
体系的压强	p_1	p_2	p_3

反应物的转化率	α_1	α_2	α_3
---------	------------	------------	------------

三个容器中的反应分别达平衡时下列各组数据关系正确的是____(填字母)。

A. $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$ B. $Q_1 + Q_2 = Q$ C. $\alpha_3 < \alpha_1$ D. $p_3 < 2p_1 = 2p_2$ E. $n_2 < n_3 < 1.0 \text{ mol}$ F. $Q_3 = 2Q_1$

(6)在一定条件下进行反应 $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, 如图所示。



相同温度下, 在甲、乙两容器中各投入 2molSO_2 、 1molO_2 , 甲、乙两容器的初始体积均为 1L , 甲、乙容器达到平衡所用时间: 甲____(填“>”、“<”或“=”,下同)乙, 平衡时 SO_2 的转化率: 甲____乙。

【答案】 $\frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2)c(\text{O}_2)}$ b $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ bc c ABD > <

【解析】

【详解】

(1) 平衡常数表达式等于生成物的浓度幂之积比上反应物的浓度幂之积, 所以该反应的平衡常数表达式 $K = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2)c(\text{O}_2)}$, 故

答案为: $\frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2)c(\text{O}_2)}$ 。

(2) 三氧化硫是生成物, 平衡时生成三氧化硫的物质的量是 0.013 mol , 其浓度为 $0.013 \text{ mol} \div 2 \text{ L} = 0.0065 \text{ mol/L}$, 所以根据图像可知, 表示 SO_3 变化曲线的是 b。0s~2s 内消耗 SO_2 的物质的量是 $0.020 \text{ mol} - 0.008 \text{ mol} = 0.012 \text{ mol}$, 则根据方程式可知消耗氧气的物质的量是 0.006 mol , 其浓度为 0.003 mol/L , 则用 O_2 表示从 0s~2s 内该反应的平均速率: $v = 0.003 \text{ mol/L} \div 2 \text{ s} = 0.0015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 故答案为: b, $1.5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(3) 在一定条件下, 当可逆反应的正反应速率和逆反应速率相等时 (但不为 0), 反应体系中各种物质的浓度或含量不再发生变化的状态, 称为化学平衡状态, 则

a. $v(\text{SO}_3) = 2v(\text{O}_2)$ 符合反应速率之比是相应的化学计量数之比, 但不能确定反应速率的方向, 不能说明达到平衡状态, 故 a 错误;

b. 容器内压强保持不变能说明达到平衡状态, 故 b 正确;

c. $v_{\text{逆}}(\text{SO}_2) = 2v_{\text{正}}(\text{O}_2)$ 符合反应速率之比是相应的化学计量数之比, 且反应速率的方向相反, 能说明达到平衡状态, 故 c 正确;

d. 密度是混合气的质量和容器容积的比值, 在反应过程中质量和容积始终是不变的, 因此容器内密度保持不变不能说明反应达到平衡状态, 故 d 错误。

故答案为: bc。

(4) a. 及时分离出 SO_3 气体, 瞬间逆反应速率减小, 正反应速率不变, 平衡向正反应进行, 随后反应混合物各组分的浓度降低, 速率减小, 故 a 错误;

b. 适当升高温度反应速率增大, 平衡向吸热反应移动, 即平衡向逆反应移动, 故 b 错误;

c. 增大 O_2 的浓度, 瞬间正反应速率增大, 逆反应速率不变, 平衡向正反应进行, 随后生成物的浓度增大, 逆反应速率增大, 故 c 正确;

d. 加入高效催化剂, 同等程度增大正、逆反应速率, 平衡不移动, 故 d 错误。

故答案为: c。

(5) A. 甲、乙为等效平衡, 平衡时 O_2 的物质的量相等, 令平衡时 O_2 为 $a \text{ mol}$, 甲中 O_2 转化率 $\alpha_1 = \frac{1-a}{1} = 1-a$, 平衡时 SO_3 的物

的量 = $(1-a) \text{ mol}$, 乙中参加反应的 SO_3 为 $a \text{ mol}$, 乙中的转化率 $\alpha_2 = a$, 故 $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$, 故 A 正确;

B. 甲、乙为等效平衡, 平衡时 O_2 的物质的量相等, 令平衡时 O_2 为 $b \text{ mol}$, 则甲中参加反应的 O_2 为 $(1-b) \text{ mol}$, 放出的热量 $Q_1 = Q(1-b)$, 乙中参加反应的 SO_3 为 $b \text{ mol}$, 吸收的热量 $Q_2 = bQ$, 故 $Q_1 + Q_2 = Q(1-b) + bQ = Q$, 故 B 正确;

C. 丙与甲相比, 可以等效为在甲的基础上, 压强增大一倍, 平衡向正反应方向移动, 转化率增大, 即 $\alpha_3 > \alpha_1$, 故 C 错误;

D. 甲、乙为等效平衡, 平衡时对应各组分的物质的量相等, 二者压强等效, 丙与甲相比, 可以等效为在甲的基础上, 压强增大一倍, 平衡向正反应移动, 平衡时混合气体的物质的量小于甲中的 2 倍, 故压强 $p_3 < 2p_1 = 2p_2$, 故 D 正确;

E. 由 D 中分析可知, $n_2 = 0.5$, $n_3 > 1.0 \text{ mol}$, 故 E 错误;

F. 丙与甲相比, 可以等效为在甲的基础上, 压强增大一倍, 平衡向正反应移动, 丙中参加反应的 O_2 的物质的量大于甲中的 2 倍, 则 $Q_3 > 2Q_1$, 故 F 错误。

故答案为: ABD。

(6) 根据图像可知, 甲是保持温度和容积不变的, 乙是保持温度和压强不变的, 因此, 在反应过程中, 乙中的压强始终大于甲中的压强, 所以甲中的反应速率小, 达到平衡的时间长, 但由于正反应是体积减小的反应, 所以压强越大, 反应物的转化率越高, 故答案为: >, <。

