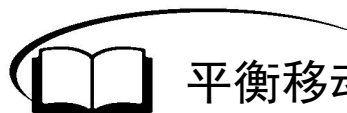




知识梳理



平衡移动和图像问题

一、运用勒夏特列原理解释实际问题

1. 勒夏特列原理

如果改变影响平衡的一个条件（如浓度、温度或压强等）时，平衡就能向减弱这种改变的方向移动。

2. 几个问题：

（1）气体在水中的溶解度随着温度的升高而降低，压强的增大而增大，为什么？

（2）为什么用饱和食盐水除去氯气中的 HCl 气体？

【答案】（1）存在溶解平衡，例： $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{aq}) + Q$ ，升高温度，平衡向生成气体二氧化碳的方向移动，所以升高温度，气体的溶解度减小；增大压强，平衡向溶解的方向移动，所以加压，气体的溶解度变大。

（2）氯气溶于水，存在可逆反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ ，利用饱和食盐水，首先 HCl 极易溶于水，而在饱和食盐水中，氯离子的含量较大，使得上述平衡逆向移动，减少了氯气的损失。

【练一练】

1. 下列事实不能用勒夏特列原理解释的是（ ）

A. 饱和食盐水法收集 Cl_2

B. 温度控制在 500°C 有利于合成氨反应

C. 加入催化剂有利于氨的合成

D. 工业制取金属钾 $\text{Na}(\text{l}) + \text{KCl}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{l}) + \text{K}(\text{g})$ 选取适宜的温度,使 K 成蒸气从反应混合物中分离出来

【答案】C

2. 下列有关合成氨工业的叙述，可用勒沙特列原理来解释的是（ ）

A. 使用铁触媒，使 N_2 和 H_2 的混合气体有利于合成氨

B. 高压比常压条件更有利于合成氨的反应

C. 500°C 左右比室温更有利于合成氨的反应

D. 合成氨时采用循环操作，可提高原料的利用率

【答案】B

二、应用勒夏特列原理讨论平衡移动影响因素及方向

1. 浓度

其他条件不变的条件下，增大反应物的浓度或减小生成物的浓度，平衡向_____方向移动。反之亦然。

注意点：增加或减少固态物质(或液态纯物质)不能使平衡发生移动。

2. 温度

升高温度，平衡向_____方向移动；降低温度，平衡向_____方向移动

注意点：对任何一个平衡体系，温度改变都会使平衡发生移动。

3. 压强

在含有气态物质的平衡体系里，增大压强，平衡向着_____的反应方向移动；

降低压强，平衡向着_____的反应方向移动。

注意点：

① 因压强的影响实质是浓度的影响，所以只有当这些“改变”能造成浓度改变时，平衡才有可能移动。

② 对反应前后气体体积不变的平衡体系，压强改变_____使平衡态发生移动。

③ 恒温恒容下，向容器中充入惰性气体，平衡_____。因压强虽增加，但各反应物和生成物的浓度都不改变。

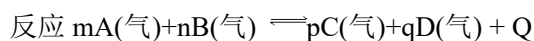
④ 恒温恒压下，向容器中充入惰性气体，平衡会向_____的反应方向移动。因容器体积要增加，各反应物和生成物的浓度都降低引起平衡移动。

4. 催化剂

可以极大程度地改变反应的速率，缩短(或延缓)到达平衡所需的时间，因催化剂能同等程度改变正逆反应速率，故对平衡状态不影响，即使用催化剂不能改变可逆反应所能达到的最大限度，不能提高反应转化率，不能改变原有平衡的各组份含量。

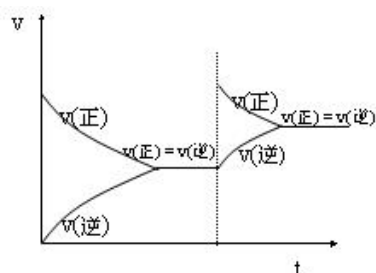
答案正反应 吸热反应 放热反应 气体体积缩小 气体体积增大不会 不发生移动 气体体积增大

三、常见的几种平衡图像



1. 速率-时间图

①增大反应物浓度



②升高温度

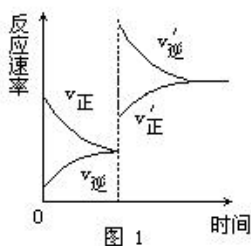
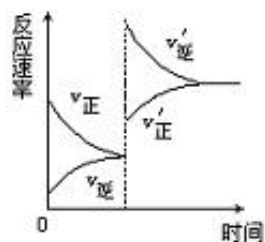
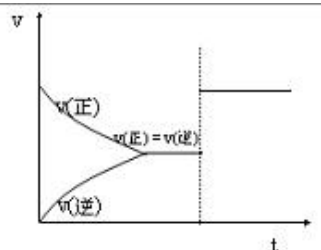


图 1

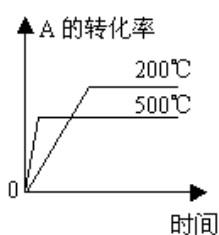
③增大压强 ($m+n < p+q$)



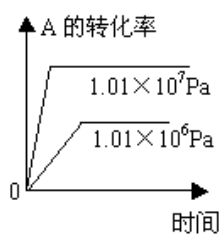
④加催化剂



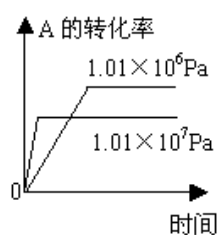
2. 转化率-时间图



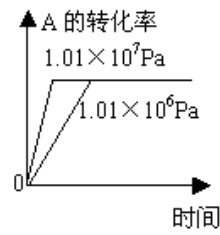
P 一定时, $Q > 0$



T 一定时, $m+n > p+q$

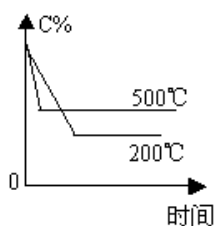


T 一定时, $m+n < p+q$

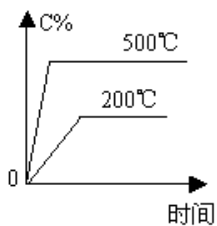


T 一定时, $m+n = p+q$

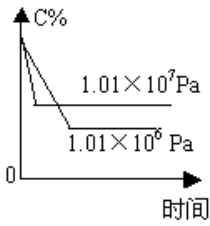
3. 含量-时间图



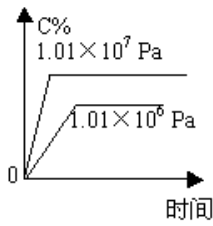
P 一定时, $Q < 0$



P 一定时, $Q < 0$

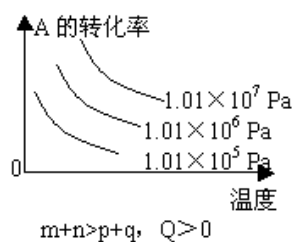


T 一定时, $m+n > p+q$

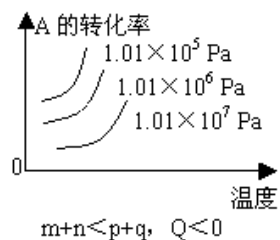


T 一定时, $m+n < p+q$

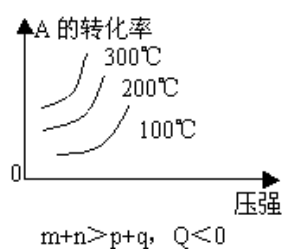
4. 转化率-温度-压强图



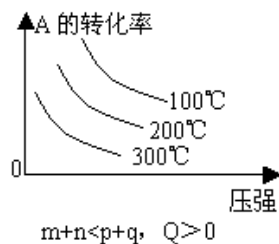
$m+n > p+q$, $Q > 0$



$m+n < p+q$, $Q < 0$

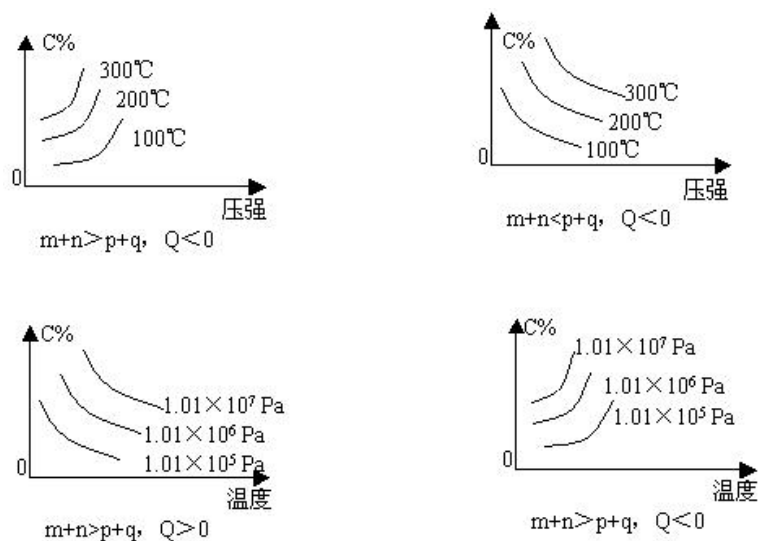


$m+n > p+q$, $Q < 0$



$m+n < p+q$, $Q > 0$

5. 含量-温度-压强图



【练一练】

1. 同压、不同温度下的反应： $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$ ；A 的含量和温度的关系如图 3 所示，下列结论正确的是（ ）

- A. $T_1 > T_2, Q < 0$ B. $T_1 < T_2, Q < 0$
C. $T_1 > T_2, Q > 0$ D. $T_1 < T_2, Q > 0$

【答案】C

2. 现有可逆反应 $A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons nC(g)$ ； $Q > 0$ ，在相同温度、不同压强时，A 的转化率跟反应时间 (t) 的关系如图 4，其中结论正确的是（ ）

- A. $p_1 > p_2, n > 3$ B. $p_1 < p_2, n > 3$
C. $p_1 < p_2, n < 3$ D. $p_1 > p_2, n = 3$

【答案】B

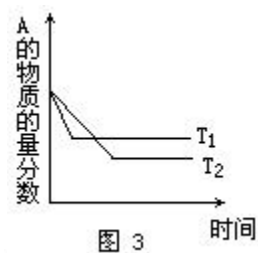


图 3

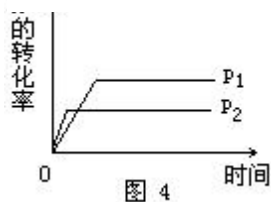


图 4



例题解析

知识点 1：极端假设

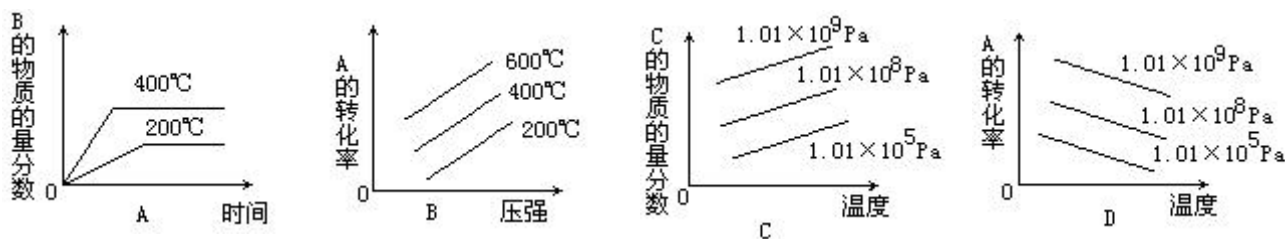
【例 1】(双选) 在密闭容器中进行 $X(g) + 3Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$ 的反应，其中 X、Y、Z 的起始浓度分别是 0.1mol/L、0.3mol/L 和 0.2mol/L，当反应达到平衡后，各物质的浓度可能是（ ）

- A. $[X] = 0.2 \text{ mol/L}, [Y] = 0.6 \text{ mol/L}$ B. $[Y] = 0.5 \text{ mol/L}$
C. $[X] = 0.2 \text{ mol/L}, [Z] = 0.4 \text{ mol/L}$ D. $[Z] = 0.4 \text{ mol/L}$

【难度】★★

【答案】AB

变式 2: (双选) 对于反应 $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$; $Q > 0$, 下列图象正确的是 ()



【难度】★★★【答案】AD

【方法提炼】解图像题之前一定要摸清楚图像所给的横纵坐标。解题之前一定要理解平衡移动的本质。

知识点 4: 综合题

【例 1】1200°C 时可用反应 $2\text{BBr}_3(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温}} 2\text{B}(\text{s}) + 6\text{HBr}(\text{g})$ 来制取晶体硼。

完成下列填空:

(1) 下列说法能说明该反应达到平衡的是_____ (选填序号, 下同)。

- a. $v_{\text{正}}(\text{BBr}_3) = 3v_{\text{逆}}(\text{HBr})$ b. $2c(\text{H}_2) = c(\text{HBr})$
c. 密闭容器内压强不再变化 d. 容器内气体平均摩尔质量不再变化

(2) 若密闭容器体积不变, 升高温度, 晶体硼的质量增加, 下列说法正确的是_____。

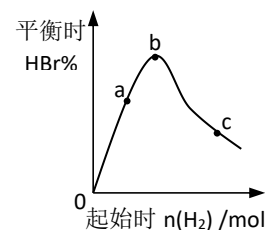
- a. 在平衡移动时正反应速率先增大后减小 b. 在平衡移动时逆反应速率始终增大
c. 正反应为放热反应 d. 达到新平衡后反应物不再转化为生成物

(3) 若上述反应在 10L 的密闭容器内反应, 5min 后, 气体总质量减少 1.1 g, 则该时间段内氢气的平均反应速率为_____。

(4) 往容器中充入 0.2 mol BBr_3 和一定量 H_2 , 充分反应达到平衡后, 混合气体中 HBr 百分含量与起始通入 H_2 的物质的量有如图关系。

在 a、b、c 三点中, H_2 的转化率最高的是_____ (选填字母)。

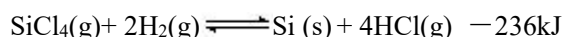
b 点达到平衡后, 再充入 H_2 使平衡到达 c 点, 此过程中平衡移动的方向为_____ (填“正向”、“逆向”或“不移动”)。



【难度】★★★

【答案】(1) cd (2) ab (3) $0.003 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ (4) a, 正向

变式 1: 工业上高纯硅可以通过下列反应制取:



完成下列填空:

(1) 在一定温度下进行上述反应, 若反应容器的容积为 2L, H_2 的平均反应速率为 $0.1 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$, 3min 后达到平衡, 此时获得固体的质量_____g。

(2) 该反应的平衡常数表达式 $K = \frac{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{SiCl}_4)}{c(\text{HCl})^4}$ 。可以通过 升温 使 K 增大。

(3) 一定条件下，在密闭恒容容器中，能表示上述反应一定达到化学平衡状态的是 ac。

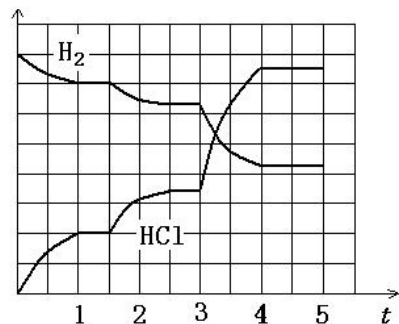
a. $2v_{\text{逆}}(\text{SiCl}_4) = v_{\text{正}}(\text{H}_2)$

b. 断开 4mol Si-Cl 键的同时，生成 4mol H-Cl 键

c. 混合气体密度保持不变

d. $c(\text{SiCl}_4) : c(\text{H}_2) : c(\text{HCl}) = 1 : 2 : 4$

(4) 若反应过程如右图所示，纵坐标表示氢气、氯化氢的物质的量 (mol)，横坐标表示时间 (min)，若整个反应过程没有加入或提取各物质，则第 1.5 分钟改变的条件是 减压，第 3 分钟改变的条件是 升温 (且加催化剂)，各平衡态中氢气转化率最小的时间段是 1—1.5 分钟。



【难度】★★★【答案】(1) 8.4

(2) $K = c(\text{HCl})^4 / c(\text{SiCl}_4) \cdot c(\text{H}_2)^2$ ，升温。

(3) ac

(4) 减压，升温 (且加催化剂)，1—1.5 分钟

变式 2: 已知反应: $3\text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{I}_3^-(\text{aq}) + 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Q}$

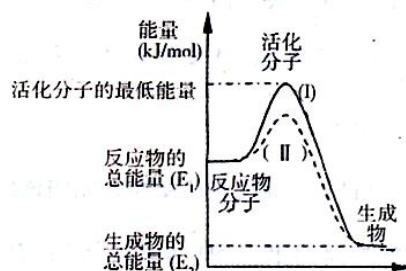
(1) 写出反应的平衡常数表达式: $K = \frac{c(\text{I}_3^-)}{c(\text{I}^-)^3 \cdot c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})}$ 。

(2) 右图表示反应过程中有关物质的能量，

则反应过程中的 Q > 0 (填 >、<、=)；

(I)、(II) 两曲线中，使用催化剂的是 (II) 曲线。

(3) 反应的速率可以用 I_3^- 与加入的淀粉溶液反应显蓝色的时间 t 来度量， t 越小，反应速率越大。



下表是在 20°C 进行实验时所记录的数据

实验编号	①	②	③	④	⑤
$c(\text{I}^-)/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.040	0.080	0.080	0.160	0.160
$c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.040	0.040	0.080	0.080	0.040
t/s	88	44	22	11	t_1

从表中数据分析，该实验的目的是 探究 I^- 浓度对反应速率的影响；

表中显色时间 $t_1 =$ 22 s；最终得出的结论是 在其他条件相同时， I^- 浓度越大，反应速率越大。

【难度】★★★

【答案】(1) $K = \frac{[\text{SO}_4^{2-}]^2 \cdot [\text{I}_3^-]}{[\text{I}^-]^3 \cdot [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]}$ (2) > ; (II)

(3) 研究 I^- 、 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ 浓度对反应速率的影响; 22

反应速率与反应物浓度乘积成正比

【方法提炼】此类题较综合, 涉及到的化学反应速率和化学平衡各方面的知识。这方面的知识重在理解才能以不变应万变。



课后作业

- 下列实验不能用勒沙特列原理解释的是 ()
A. 工业生产硫酸的过程中使用过量氧气, 以提高 SO_2 的转化率
B. 合成氨工厂通常采用 20MPa-50MPa 压强, 以提高原料的利用率
C. 实验室用排饱和食盐水的方法收集氯气
D. 在铁和硫酸反应液中加入少量硫酸铜溶液, 反应明显加快
【难度】★【答案】B
- 对于 $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + \text{Q}$, 下列各条件变化时两项均能使平衡向右移动的 ()
A. 加压 升温 B. 加压 降温 C. 减压 降温 D. 减压 升温
【难度】★★【答案】C
- (双选) 一定温度下, 在一恒容的密闭容器中, 可逆反应有 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ (正反应为放热) 达到平衡时, 升高温度, 发生的平衡移动对容器中混合气体的正确影响是 ()
A. 混合气体的压强增大 B. 混合气体颜色变浅的
C. 混合气体的密度变小 D. 混合气体的总质量不变
【难度】★★★
【答案】AD
- 下列反应达到平衡后, 增大压强或升高温度, 平衡都向正反应方向移动的是 ()
A. $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ (正反应放热反应)
B. $3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$ (正反应为吸热反应)
C. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ (正反应为放热反应)
D. $\text{NH}_4\text{HCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (正反应为吸热反应)
【难度】★★【答案】B
- 某温度下, 反应 $\text{S}_2\text{Cl}_2(\text{液}) + \text{Cl}_2(\text{气}) \rightarrow 2\text{SCl}_2(\text{液})$, 该反应放热, 在密闭容器中达到平衡,
(橙黄色) (鲜红色)
下列说法错误的是 ()
A. 温度不变, 增大容器的体积, S_2Cl_2 的转化率降低

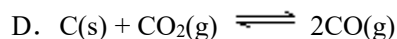
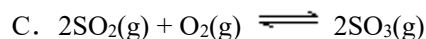
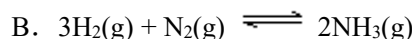
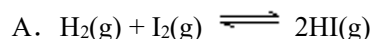
B. 温度不变, 缩小容器的体积, 液体颜色加深

C. 压强不变, 升高温度, 液体的颜色变浅

D. 体积不变, 降低温度, 氯气的转化率降低

【难度】★★【答案】D

6. 压强变化不会使下列化学反应的平衡发生移动的是 ()



【难度】★【答案】A

7. 改变化学平衡体系中的一个条件后, 某一生成物的浓度增大, 则该平衡 ()

A. 一定没有移动

B. 一定向正方向移动

C. 一定向逆方向移动

D. 无法确定

【难度】★★【答案】D

8. 对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生成物的百分含量一定增加

②生成物的产量一定增加

③反应物的转化率一定增大

④反应物的浓度一定降低

⑤正反应速率一定大于逆反应速率

⑥使用了适宜的催化剂

A. ②⑤

B. ①②

C. ③⑤

D. ④⑥

【难度】★★【答案】A

9. 合成氨所需的氢气可用煤和水作原料经多步反应制得, 其中的一步反应为



反应达到平衡后, 为提高 CO 的转化率, 下列措施中正确的是 ()

A. 增加压强

B. 降低温度

C. 增大 CO 的浓度

D. 使用催化剂

【难度】★★【答案】B

10. $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) - \text{Q}$, 当反应达到平衡时, 下列措施: ①升温 ②恒容通入惰性气体 ③增加 CO 浓度 ④减压 ⑤加催化剂 ⑥恒压通入惰性气体, 能提高 COCl_2 转化率的是 ()

A. ①②④

B. ①④⑥

C. ②③⑤

D. ③⑤⑥

【难度】★★【答案】B

11. 反应速率 v 和反应物浓度的关系是用实验方法测定的。化学反应 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ 的反应速率 v 可表示为 $v = k[\text{c}(\text{H}_2)]^m[\text{c}(\text{Cl}_2)]^n$, 式中 k 为常数, m 、 n 值可用下表中数据确定之。

c (H ₂)(mol/L)	c (Cl ₂) (mol/L)	v [mol/(L·s)]
1.0	1.0	1.0 <i>k</i>
2.0	1.0	2.0 <i>k</i>
2.0	4.0	4.0 <i>k</i>

由此可推得, m 、 n 值正确的是 ()

A. $m=1$ 、 $n=1$

B. $m=\frac{1}{2}$ 、 $n=\frac{1}{2}$

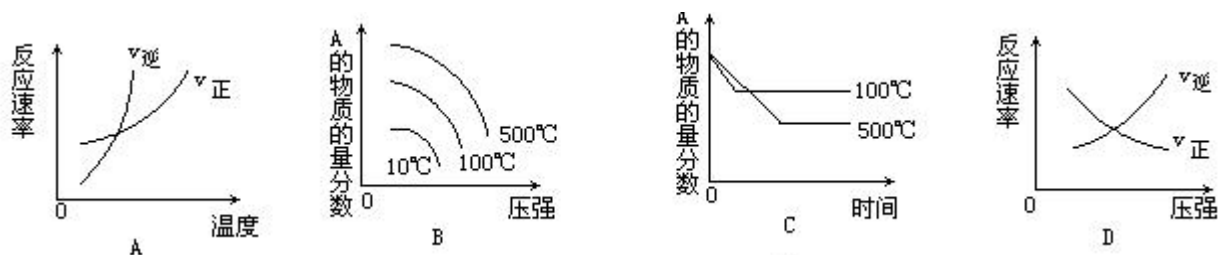
C. $m=\frac{1}{2}$ 、 $n=1$

D. $m=1$ 、 $n=\frac{1}{2}$

【难度】★★★【答案】D

【解析】分析表格中数据, 当 $c(\text{Cl}_2)$ 不变时, $c(\text{H}_2)$ 增大 2 倍, v 也增大 2 倍, $m=1$; 当 $c(\text{H}_2)$ 不变时, $c(\text{Cl}_2)$ 增大 4 倍, v 只增大 2 倍, $n=\frac{1}{2}$

对于可逆反应: $\text{A}_2(\text{g}) + 3\text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}_3(\text{g})$ $Q>0$, 下列图象中正确的是 ()



【难度】★★【答案】A

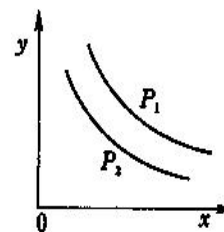
12. (双选) 反应: $\text{L}(\text{固}) + a\text{G}(\text{气}) \rightleftharpoons b\text{R}(\text{气})$ 达到平衡时, 温度和压强对该反应的影响图所示: 图中: 压强 $p_1 > p_2$, x 轴表示温度, y 轴表示平衡混合气中 G 的体积分数。据此可判断 ()

A. 上述反应是放热反应

B. 上述反应是吸热反应

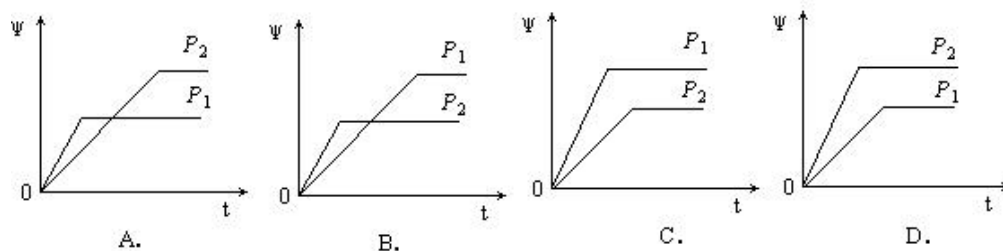
C. $a > b$

D. $a < b$



【难度】★★★【答案】BD

13. 在一定温度不同压强 ($P_1 < P_2$) 下, 可逆反应 $2\text{X}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Y}(\text{g}) + \text{Z}(\text{g})$ 中, 生成物 Z 在反应混合物中的体积分数 (ψ) 与反应时间 (t) 的关系有以下图示, 正确的是 ()



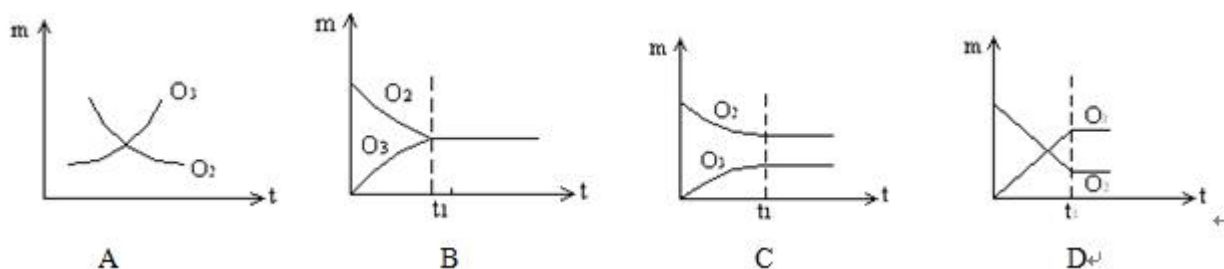
【难度】★★【答案】B

14. 在 $mA(g) + nB(g) \rightleftharpoons pC(g) + qD(g)$ 反应中, 达到平衡后, 的质量分数 $D\%$ 随温度、压强的变化曲线如下图所示正确的结论是 ()

- A. 正反应放热, 且 $m+n > p+q$
 B. 正反应放热, 且 $m+n < p+q$
 C. 正反应吸热, 且 $m+n > p+q$
 D. 正反应吸热, 且 $m+n < p+q$

【难度】★★【答案】B

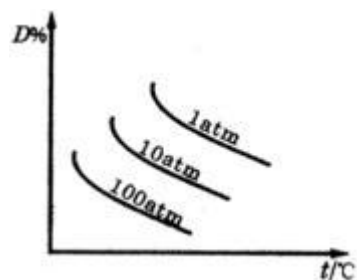
15. 将 3mol O_2 加入到 V 升的反应器中, 在高温下放电, 经 $t_1\text{s}$ 建立了平衡体系: $3\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{O}_3$, 此时测知 O_2 的转化率为 30% , 下列图象能正确表示气体的物质的量浓度 (m) 跟时间 (t) 的关系的是 ()



【难度】★★【答案】C

16. 一定条件下的密闭容器中有如下反应: $4\text{NH}_3(g) + 5\text{O}_2(g) \rightleftharpoons 4\text{NO}(g) + 6\text{H}_2\text{O}(g) + 905.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 下列叙述正确的是 ()

- A. 4 mol NH_3 和 5 mol O_2 反应, 达到平衡时放出热量为 905.9 kJ
 B. 平衡时 $v_{\text{正}}(\text{O}_2) = \frac{4}{5} v_{\text{逆}}(\text{NO})$
 C. 平衡后减小压强, 混合气体平均摩尔质量增大
 D. 平衡后升高温度, 混合气体中 NO 含量降低

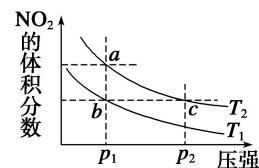


【难度】★★★★【答案】D

【解析】A 项, 由于该反应是可逆反应, 故达到平衡时反应物不能全部转化为生成物, 放出热量小于 905.9 kJ , 不正确; B 项, 反应速率之比等于反应方程式前的计量数之比, 所以平衡时的正逆反应速率关系应为 $v_{\text{正}}(\text{O}_2) = \frac{5}{4} v_{\text{逆}}(\text{NO})$, 故不正确; C 项, 减小压强, 化学平衡向正反应方向移动, 气体总质量不变, 而气体总的物质的量增大, 则平均摩尔质量减小, 不正确; D 项, 正反应是放热

反应，升温，化学平衡逆向移动，NO 含量降低，正确。

17. 反应 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g}) - 57 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，在温度为 T_1 、 T_2 时，平衡体系中 NO_2 的体积分数随压强的变化曲线如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. a 、 c 两点的反应速率: $a > c$
- B. a 、 c 两点气体的颜色: a 深, c 浅
- C. 由状态 b 到状态 a , 可以用加热的方法
- D. a 、 c 两点气体的平均相对分子质量: $a > c$

【难度】★★★★【答案】C

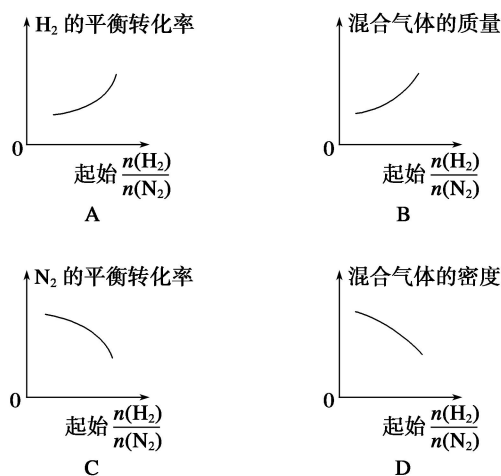
【解析】 c 点压强大于 a 点压强，故反应速率 $a < c$ ，A 错误；反应是吸热的，升高温度平衡正向移动， NO_2 的体积分数增大，C 正确；增大压强平衡逆向移动，气体平均相对分子质量是增大的 ($a < c$)，D 错误

18. 某温度下，在一个 2 L 的密闭容器中加入 4 mol A 和 2 mol B 进行如下反应： $3\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{C}(\text{s}) + \text{D}(\text{g})$ ，反应 2 min 后达到平衡，测得生成 1.6 mol C，下列说法正确的是 ()

- A. 前 2 min D 的平均反应速率为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 此时，B 的平衡转化率是 40%
- C. 增大该体系的压强，平衡不移动，化学平衡常数不变
- D. 增加 B，平衡向右移动，B 的平衡转化率增大

【难度】★★★★【答案】B

19. 在相同温度下，将 H_2 和 N_2 两种气体按不同比例通入相同的恒容密闭容器中，发生反应： $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ 。 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$ 表示起始时 H_2 和 N_2 的物质的量之比，且起始时 H_2 和 N_2 的物质的量之和相等。下列图像正确的是 ()



【难度】★★★★【答案】D

【解析】A 中，随着 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$ 的增大，氢气含量增多，氢气的平衡转化率降低，A 错误；随着 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$

的增大，氢气含量增多，混合气体的质量减小，B 错误；随着 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$ 的增大，氢气含量增多，氮气的

平衡转化率增大，C 错误；随着 $\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{N}_2)}$ 的增大，氢气含量增多，混合气体的质量减小，则混合气体的

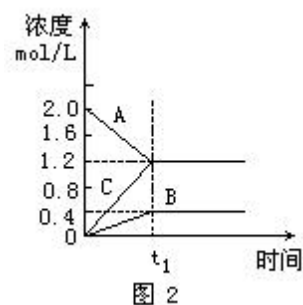
密度减小，D 正确。

20. 图 2 表示 800℃ 时 A、B、C 三种气体物质的浓度随时间的变化情况， t_1 是到达平衡状态的时间。试回答：

(1) 该反应的反应物是_____；

(2) 反应物的转化率是_____；

(3) 该反应的化学方程式为_____。



【难度】★

【答案】(1) A (2) 40% (3) $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B} + 3\text{C}$

21. 对于 $\text{A} + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{nC}(\text{g})$ ，在一定条件下达到平衡后，改变下列条件，请回答：

(1) A 量的增减，平衡不移动，则 A 为_____态。

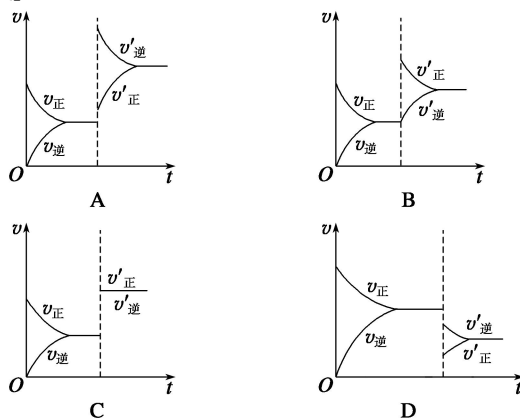
(2) 增压，平衡不移动，当 $n=2$ 时，A 为_____态；当 $n=3$ 时，A 为_____态。

(3) 若 A 为固态，增大压强，C 的组分含量增大， $n=_____$ 。

(4) 升温，平衡向右移动，则该反应的逆反应为_____热反应。

【难度】★★【答案】固 固或液 气 1 放

22. 某温度下，在密闭容器中 SO_2 、 O_2 、 SO_3 三种气态物质建立化学平衡后，改变条件对反应 $[\text{2SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{2SO}_3(\text{g}) + \text{Q}]$ 的正、逆反应速率的影响如图所示：



(1) 加催化剂对反应速率影响的图像是_____ (填序号，下同)，平衡_____移动。

(2) 升高温度对反应速率影响的图像是_____，平衡向_____方向移动。

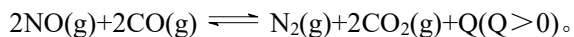
(3) 增大反应容器体积对反应速率影响的图像是_____，平衡向_____方向移动。

(4)增大 O_2 的浓度对反应速率影响的图像是_____，平衡向_____方向移动。

【难度】★★

【答案】(1)C 不 (2)A 逆反应 (3)D 逆反应 (4)B 正反应

23. 在铂-铑“三效”催化剂作用下，以下反应可以将汽车尾气中 2 种有害气体转变成无害气体：



(1) 该反应的化学平衡常数表达式为_____；20min 时，若改变反应条件，导致 N_2 浓度发生如图所示的变化，则改变的条件可能是_____（选填编号）。

- ①加入催化剂 ②降低温度
③缩小容器体积 ④增加 CO_2 的量

(2) 铂-铑“三效”催化剂还可帮助将汽车尾气中的烃类转变成无害气体，生成的无害气体是_____。

(3) 有文献报道，在铂-铑“三效”催化剂作用下，280℃时， NO_x “转化率”达到 90%，这是否指铂-铑“三效”催化剂能移动化学平衡？试作出分析_____。

(4) 等物质的量的 NO 和 CO 气体反应时，若 NO 的转化率为 90%，所得混合气体的平均相对分子质量为_____（保留 2 位小数）。

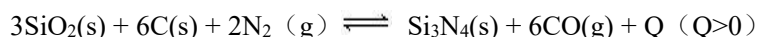
【难度】★★ 【答案】(1) $K = \frac{c(N_2)c^2(CO_2)}{c^2(NO)c^2(CO)}$ ②（1 分）
④（2 分）

(2) CO_2 和 H_2O （2 分）

(3) 不是（1 分）；是指催化效率高， NO_x 转化速率快，排放少（1 分）。

(4) 37.42（1 分）

24. 氮化硅（ Si_3N_4 ）是一种新型陶瓷材料，它可在高温下的氮气流中由石英与焦炭通过以下反应制得：



完成下列填空：

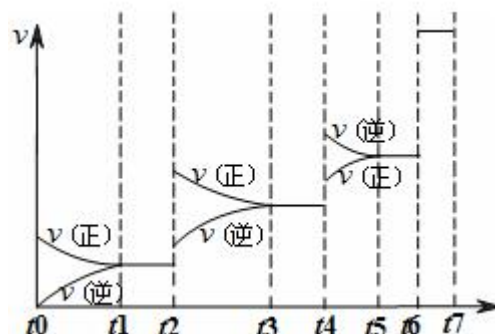
(1) 某温度下该反应在一容积为 2L 的密闭容器中进行，2min 后达到平衡，刚好有 2mol 电子发生转移，则 2min 内反应的速率为： $v(CO) =$ _____；该反应的平衡常数表达式为_____。

(2) 其它条件不变时仅增大压强，则_____。

- a. K 值减小，平衡向逆反应方向移动
b. K 值增大，平衡向正反应方向移动
c. K 值不变，平衡向逆反应方向移动
d. K 值不变，平衡向正反应方向移动

(3) 一定条件下能说明上述反应已达平衡的是_____。

- a. $c(N_2) : c(CO) = 1 : 3$ b. $3v(N_2) = v(CO)$



- c. 固体质量不再改变 d. 气体密度不再改变

(4) 达到平衡后改变某一条件，反应速率 v 与时间 t 的关系如右图所示。

若不改变 N_2 与 CO 的量，则图中 t_4 时引起变化的原因可能是_____；
图中 t_6 时引起变化的原因可能是_____。

由图可知，平衡混合物中 CO 含量最高的时间段是_____。

【难度】★★★

【答案】(1) $0.25 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$ (1 分，计算或单位错不给分)； $K = \frac{[CO]^6}{[N_2]^2}$ (1 分)

(2) c (1 分) (3) c、d (1 分×2)

(4) 升高温度或缩小体积（增大压强）(1 分)；加入了催化剂 (1 分)。 $t_3 \sim t_4$ (1 分)。

25. Cl_2 合成有机物时会产生副产物 HCl 。 $4HCl + O_2 \rightleftharpoons 2Cl_2 + 2H_2O$ ，可实现氯的循环利用。

完成下列填空：

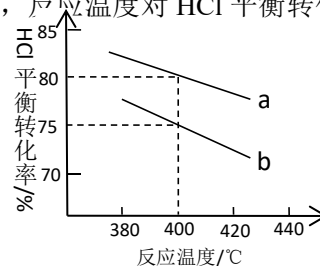
(1) 该反应平衡常数的表达式 $K = \frac{[Cl_2]^2 [H_2O]^2}{[HCl]^4 [O_2]}$ ；若反应容器的容积为 2L，8min 后达到平衡，测得容器内物质由 2.5mol 减少至 2.25mol，则 HCl 的平均反应速率为 _____ $\text{mol/L} \cdot \text{min}$ 。

(2) 若该反应在体积不变的密闭容器中发生，当反应达平衡时，下列叙述正确的是_____。

- a. $v(HCl) = 2v(Cl_2)$
b. $4v_{\text{正}}(HCl) = v_{\text{逆}}(O_2)$
c. 又加入 1mol O_2 ，达新平衡时， HCl 的转化率增大
d. 分离出 H_2O ，达新平衡时， $v_{\text{正}}(HCl)$ 增大

(3) 下图是该反应两种投料比 [$n(HCl):n(O_2)$ 分别为 4:1 和 2:1] 下，反应温度对 HCl 平衡转化率影响的曲线。下列叙述正确的是_____。

- a. 该反应的正反应是放热反应
b. 其他条件不变，升高温度，平衡常数 K 值增大
c. 若平衡常数 K 值变大，达新平衡前 $v_{\text{逆}}$ 始终减小
d. 若平衡常数 K 值变大，则平衡向正反应方向移动



(4) 投料比为 4:1、温度为 400°C 时，平衡混合物中 Cl_2 的物质的量分数是_____。

【难度】★★★

【答案】(1) $K = \frac{[Cl_2]^2 [H_2O]^2}{[HCl]^4 [O_2]}$ (1 分) $0.0625 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$ (1 分)

(2) a、c (2 分) (3) a、d (2 分) (4) 0.3529 (0.353、0.35 均可) (2 分)