

## 选修四 化学速率章末测试题 ( 内含答案 )

### 一 . 选择题 ( 共 20 小题 )

1 . 将固体  $\text{NH}_4\text{I}$  置于密闭容器中 , 在一定温度下发生下列反应 : ①  $\text{NH}_4\text{I}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HI}(\text{g})$ ; ②  $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ . 达到平衡时 ,  $c(\text{H}_2) = 0.5\text{mol/L}$  ,  $c(\text{HI}) = 4\text{mol/L}$  , 则此温度下反应①的平衡常数为 ( )

A . 9    B . 16    C . 20    D . 25

2 . 在体积为  $V$  的密闭容器中发生可逆反应  $3\text{A}(\text{?}) + \text{B}(\text{?}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$  , 下列说法正确的是 ( )

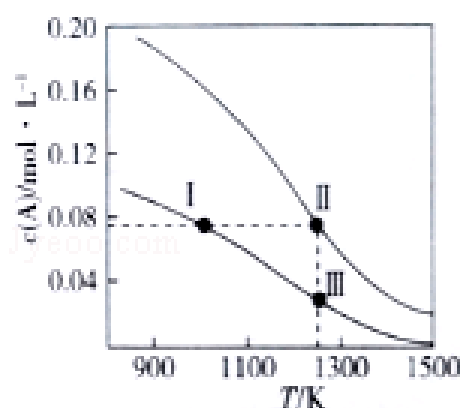
A . 若 A 为气态 , 则气体的平均密度不再变化时反应达到平衡状态

B . 升高温度 , C 的体积分数增大 , 则该正反应放热

C . 达到平衡后 , 向容器中加入 B , 正反应速率一定加快

D . 达到平衡后 , 若将容器的容积压缩为原来的一半 , C 的浓度变为原来的 1.8 倍 , 则 A 一定为非气态

3 . 在体积均为 1.0L 的两个恒容密闭容器中加入足量的相同质量的固体 B , 再分别加入 0.1mol A 和 0.2mol A , 在不同温度下反应  $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$  达到平衡 , 平衡时 A 的物质的量浓度  $c(\text{A})$  随温度的变化如图所示 ( 图中 I 、 II 、 III 点均处于曲线上 ). 下列说法正确的是 ( )



A . 反应  $\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$   $\Delta S > 0$ 、 $\Delta H < 0$

B . A 的转化率 :  $a(\text{状态 II}) > a(\text{状态 III})$

C. 体系中  $c(C):c(C, \text{状态 II}) > (C, \text{状态 III})$

D. 化学平衡常数:  $K(\text{状态 I}) = K(\text{状态 III}) > K(\text{状态 II})$

4. 在醋酸溶液中,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  电离达到平衡的标志是 ( )

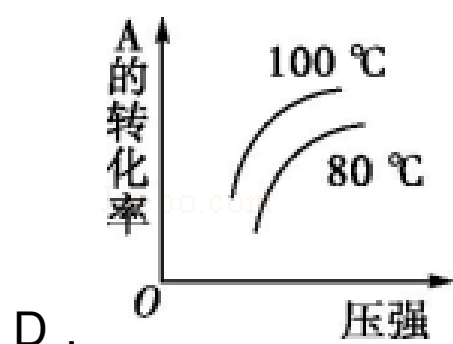
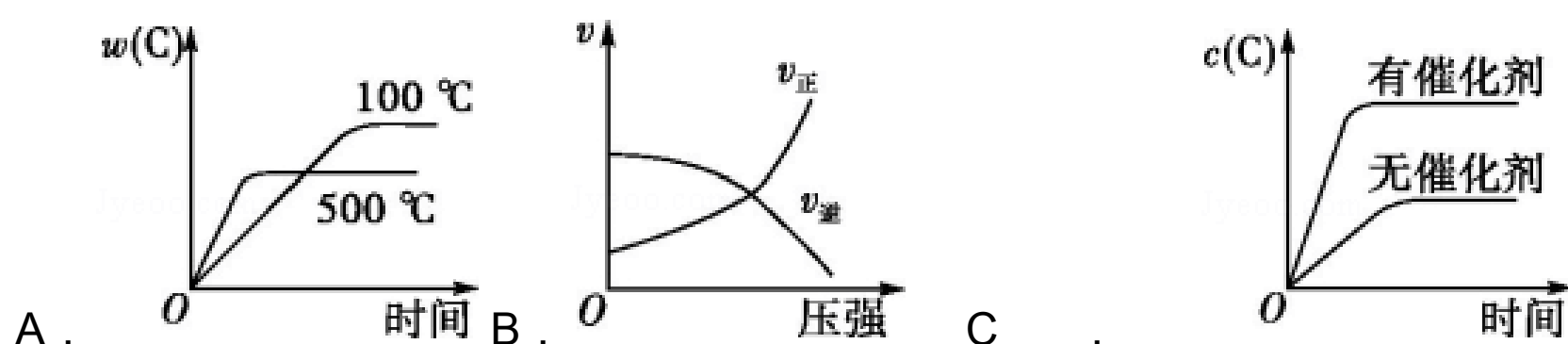
A. 溶液显电中性

B. 溶液中检测不出  $\text{CH}_3\text{COOH}$  分子存在

C. 氢离子浓度恒定不变

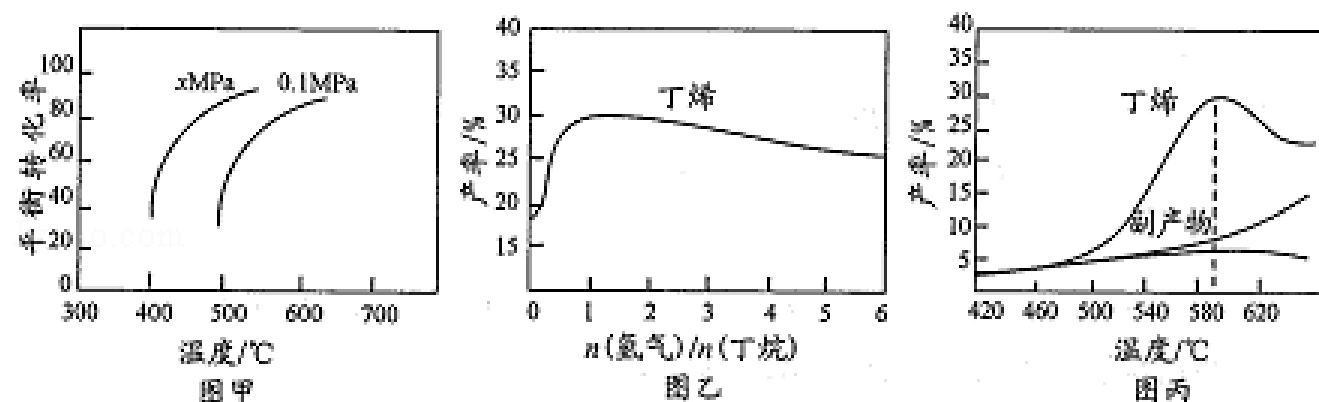
D.  $c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

5. 对于可逆反应:  $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) \Delta H < 0$ , 下列各图正确的是 ( )



6. 工业上用丁烷催化脱氢制备丁烯:  $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g}) = \text{C}_4\text{H}_8(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  (正反应吸热)

将丁烷和氢气以一定的配比通过填充有催化剂的反应器(氢气的作用是活化催化剂), 反应的平衡转化率、产率与温度、投料比有关。下列判断不正确的是 ( )



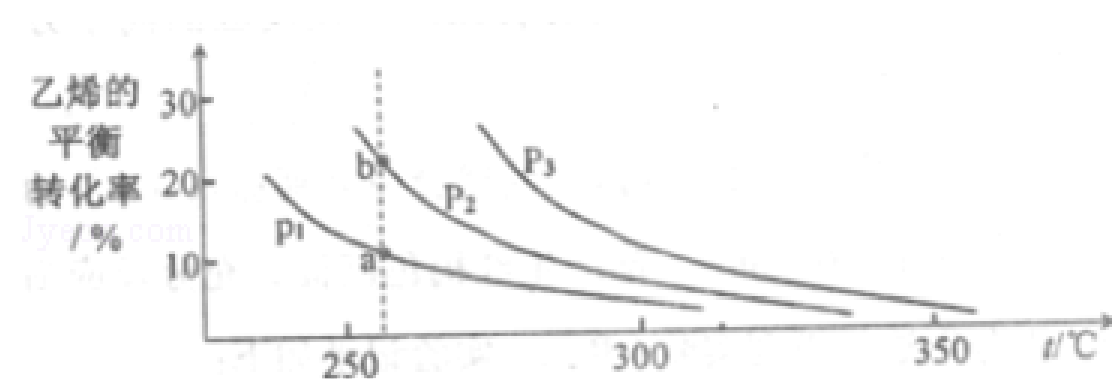
A . 由图甲可知 , x 小于 0.1

B . 由图乙可知 , 丁烯产率先增大后减小 , 减小的原因是氢气是产物之一 , 随着  $\frac{n(\text{氢气})}{n(\text{丁烷})}$  增大 , 逆反应速率减小

C . 由图丙可知产率在  $590^{\circ}\text{C}$  之前随温度升高而增大的原因可能是温度升高平衡正向移动

D . 由图丙可知 , 丁烯产率在  $590^{\circ}\text{C}$  之后快速降低的主要原因为丁烯高温分解生成副产物

7 . 已知气相直接水合法制取乙醇的反应为  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ 。在容积为 3L 的密闭容器中 , 当  $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{C}_2\text{H}_4) = 1 : 1$  时 , 乙烯的平衡转化率与温度、压强的关系如下图所示 : 下列说法正确的是 ( )



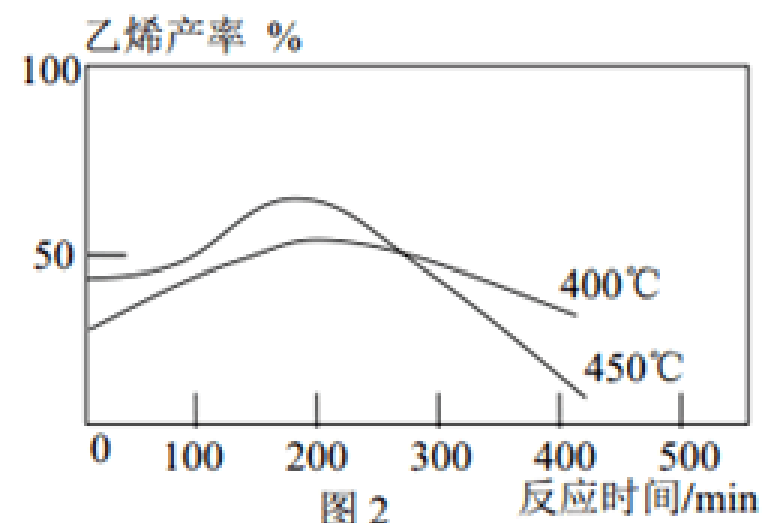
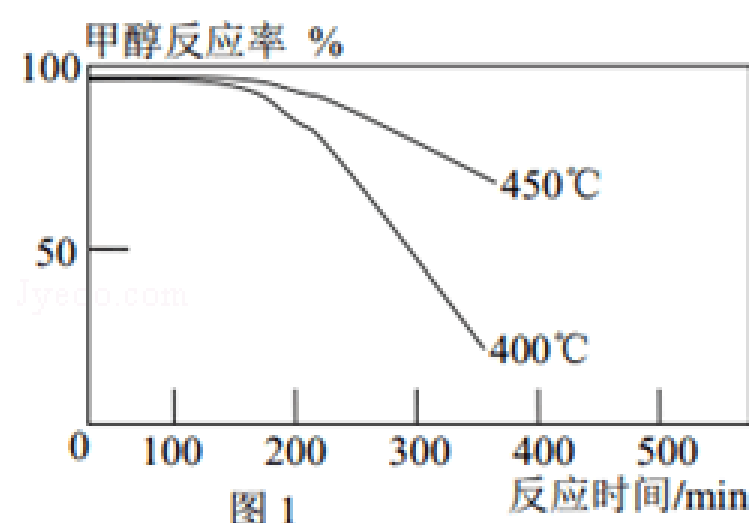
A . a、b 两点平衡常数 :  $b > a$

B . 压强大小顺序 :  $P_1 > P_2 > P_3$

C . 当混合气的密度不变时反应达到了平衡

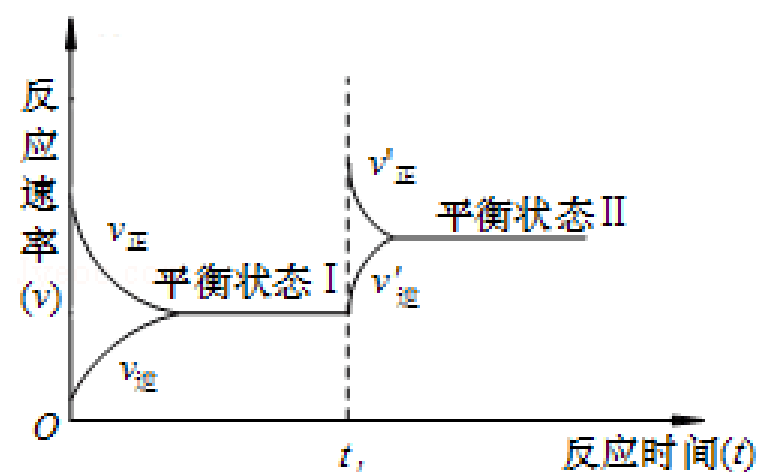
D . 其他条件不变 , 增大起始投料  $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{C}_2\text{H}_4)}$  , 可提高乙烯转化率

8 . 已知  $2\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。某研究小组将甲醇蒸气以一定的流速持续通过相同量的同种催化剂 , 不同温度得到如图所示图象 , 则下列结论 不 正 确 的 是 ( )



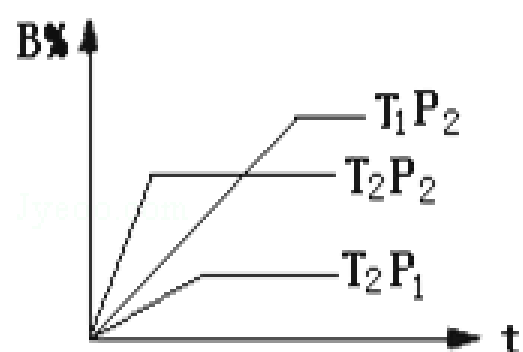
- A. 一段时间后甲醇反应率下降可能是催化剂活性下降
- B. 综合图 1、图 2 可知，甲醇还发生了其他反应
- C. 若改变甲醇蒸气的流速，不会影响甲醇反应率和乙烯产率
- D. 制乙烯比较适宜的温度是 450°C 左右

9. 如图是恒温下  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) + \text{Q}$  ( $\text{Q} > 0$ ) 的化学反应速率随反应时间变化的示意图， $t_1$  时刻改变的外界条件是 ( )



- A. 升高温度 B. 增大压强
- C. 增大反应物浓度 D. 加入催化剂

10. 已知某可逆反应： $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons r\text{C}(\text{g})$  在密闭容器中进行。如图表示此反应在不同时间  $t$ ，温度  $T$  和压强  $p$  与反应物 B 在混合气体中的百分含量 ( $\text{B}\%$ ) 的关系曲线。由曲线分析下列判断正确的是 ( )

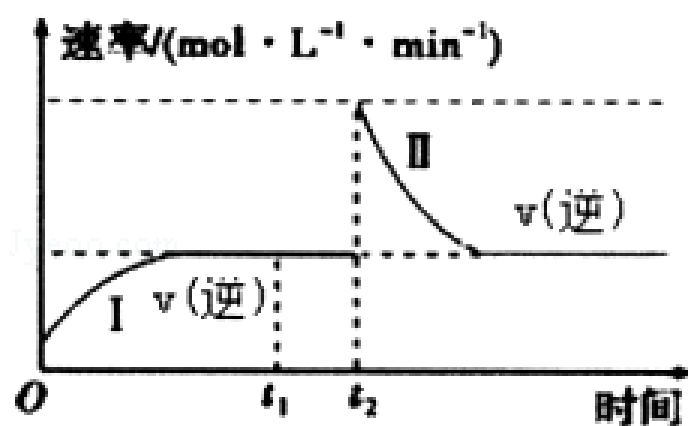


- A .  $T_1 > T_2$  ,  $p_1 > p_2$  ,  $m+n > r$  , 正反应吸热
- B .  $T_1 < T_2$  ,  $p_1 < p_2$  ,  $m+n < r$  , 正反应吸热
- C .  $T_1 > T_2$  ,  $p_1 > p_2$  ,  $m+n < r$  , 正反应放热
- D .  $T_1 < T_2$  ,  $p_1 < p_2$  ,  $m+n > r$  , 正反应放热

11 . 一定温度下，反应  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$  在密闭容器中进行，下列措施不改变化学反应速率的是 ( )

- A . 缩小体积使压强增大    B . 恒容，充入  $N_2$
- C . 恒容，充入 He    D . 恒压，充入 He

12 . 在一恒温恒压的密闭容器中发生如下反应： $M(g) + N(g) \rightleftharpoons 2R(g)$   $\Delta H < 0$ ， $t_1$  时刻达到平衡，在  $t_2$  时刻改变某一条件，其反应过程如下图所示。下列说法不正确的是 ( )



- A .  $t_1$  时刻的  $v(正)$  小于  $t_2$  时刻的  $v(正)$
- B .  $t_2$  时刻改变的条件是向密闭容器中加 R
- C . I、II 两过程达到平衡时，M 的体积分数相等
- D . I、II 两过程达到平衡时，反应的平衡常数相等

13 . 如图所示，左室容积为右室的两倍，温度相同，现分别按照如图所示的量

充入气体 ,同时加入少量固体催化剂使两室内气体充分反应达到平衡 ,打开活塞 ,继续反应再次达到平衡 ,下列说法不正确的是 ( )



- A . 第一次平衡时 ,  $\text{SO}_2$  的物质的量左室更多
- B . 通入气体未反应前 , 左室压强和右室样大
- C . 第一次平衡时 , 左室内压强一定小于右室
- D . 第二次平衡时 ,  $\text{SO}_2$  的总物质的量比第一次平衡时左室  $\text{SO}_2$  的物质的量的 2 倍还要多

14 . 近年科学家提出“绿色自由”构想。把含有  $\text{CO}_2$  的空气吹入  $\text{K}_2\text{CO}_3$  溶被中 , 再把  $\text{CO}_2$  从溶液中提取出来 , 并使之与  $\text{H}_2$  反应生成可再生能源甲醇。其工艺流程 如图 所示 , 下列 有关 说法 不 正 确 的 是 ( )



- A . I、II 两步目的是为了富集  $\text{CO}_2$
- B . 从合成塔中及时分离出甲醇可以提高  $\text{CO}_2$  的转化率
- C . 过程中  $\text{K}_2\text{CO}_3$  可以循环使用
- D . 铬锌触媒催化剂可以改变合成甲醇的焓变

15 . 某温度下 , 在容积固定不变的密闭容器中进行可逆反应  $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g}) + \text{W}(\text{s})$   $\Delta H > 0$  , 一段时间后 , 达到化学平衡状态。下列叙述正确的是( )

- A . 通入稀有气体 , 平衡向正反应方向移动
- B . 加入少量 W , 逆反应速率增大

C . 升高温度，正反应速率增大，逆反应速率减小

D . 降低温度，平衡向逆反应方向移动

16 . 对已经达到平衡的下列反应； $2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$  减小压强时，对反应产生的影响是 ( )

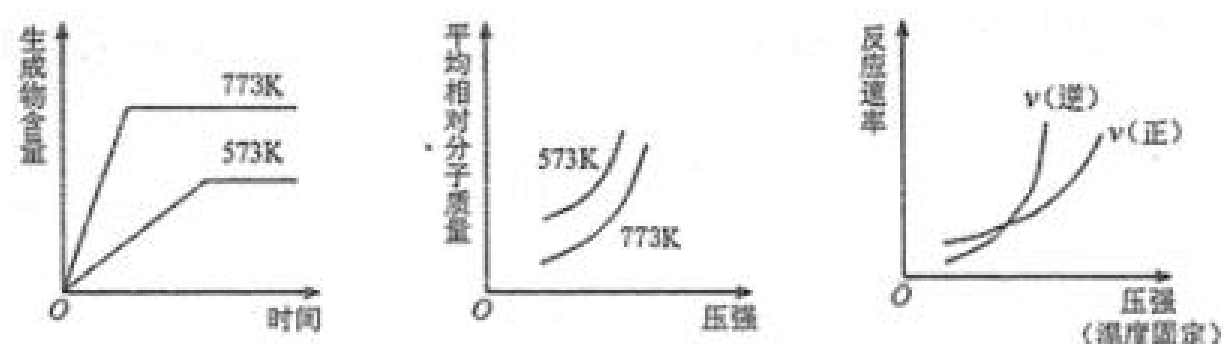
A . 逆反应速率增大，正反应速率减小，平衡向逆反应方向移动

B . 逆反应速率减小，正反应速率增大，平衡向正反应方向移动

C . 正、逆速率都减小，平衡向逆反应方向移动

D . 正、逆速率都增大，平衡向正反应方向移动

17 . 现有下列三个图象：



下列反应中全部符合上述图象的反应是 ( )

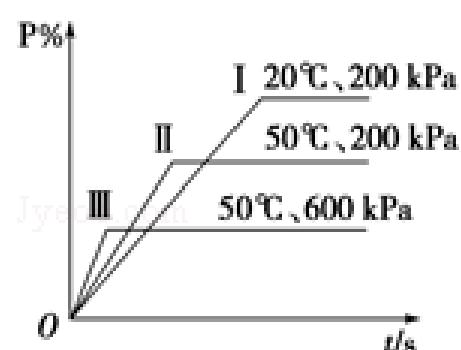
A .  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \Delta H < 0$

B .  $2SO_3(g) \rightleftharpoons 2SO_2(g) + O_2(g) \Delta H > 0$

C .  $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g) \Delta H > 0$

D .  $4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g) \Delta H < 0$

18 . 在一密闭容器中进行以下可逆反应： $M(g) + N(g) \rightleftharpoons P(g) + 2L$  . 在不同的条件下 P 的百分含量 P% 的变化情况如图，则该反应 ( )



A . 正反应放热 , L 是固体 B . 正反应放热 , L 是气体

C . 正反应吸热 , L 是气体 D . 正反应放热 , L 是固体或气体

19 . 一定条件下 , A、B、C 的起始浓度分别是 0.5mol/L、0.1mol/L、1.6mol/L ,

可逆反应  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  达到平衡时 , 下列数据不合理的是 ( )

A .  $c(A) = 1.0\text{mol/L}$     $c(B) = 0.2\text{mol/L}$    B .  $c(B) = 0.5\text{mol/L}$     $c(C) = 1.2\text{mol/L}$

C .  $c(A) = 0.4\text{mol/L}$     $c(C) = 1.8\text{mol/L}$    D .  $c(A) = 0.9\text{mol/L}$     $c(B) = 0.5\text{mol/L}$

20 . 在一定温度下 , 将一定质量的混合气体在密闭容器中发生反应  $aA(g) + bB$

$(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$  , 达到平衡时测得 B 气体的浓度为 0.6mol/l , 恒温下将

密闭容器的容积扩大一倍 , 重新达到平衡时 , 测得 B 气体的浓度为 0.4mol/l ,

下列叙述中正确的是 ( )

A .  $a+b > c+d$

B . 平衡向右移动

C . 重新达平衡时 , A 气体浓度增大

D . 重新达平衡时 , B 的体积分数减小

## 二 . 填空题 ( 共 7 小题 )

21 . 根据要求回答下列问题 :

( 1 ) 已知恒温、恒容条件下发生反应 :  $2\text{NO}_2(g) + 2\text{C}(s) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 2\text{CO}_2(g)$

①图 1 所示图象说明该反应进行到  $t_1$  时刻未达平衡状态的是 \_\_\_\_\_ ( 填选项字



母 )。

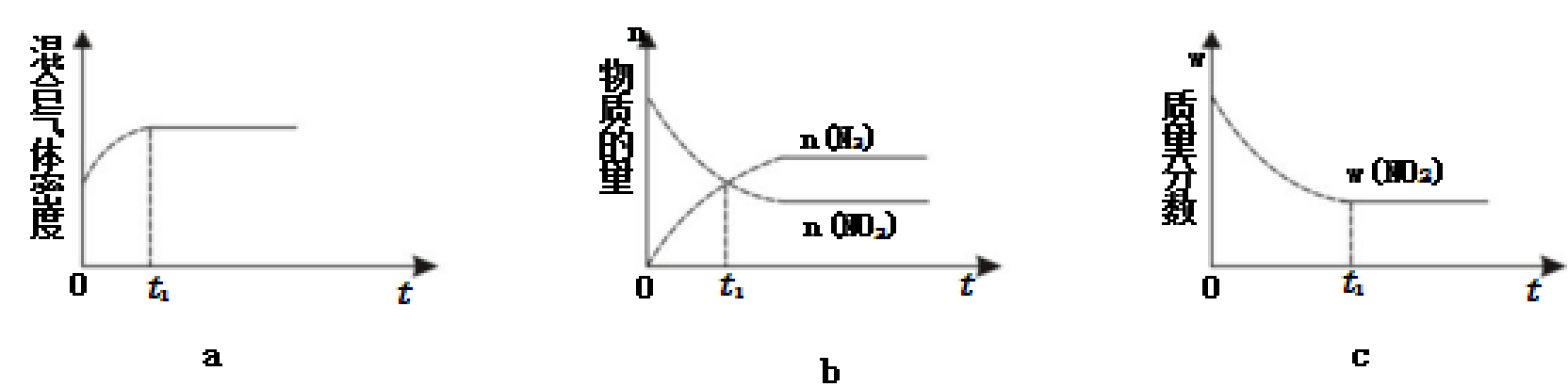


图1

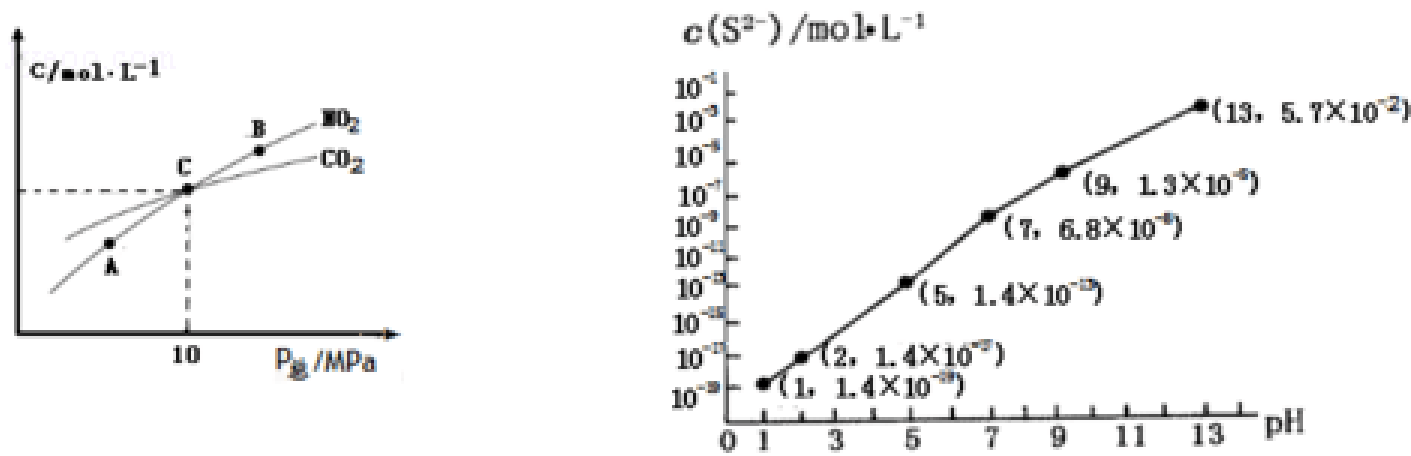


图2

图3

②1mol $\text{NO}_2$ 和足量C发生反应,测得平衡时 $\text{NO}_2$ 和 $\text{CO}_2$ 的物质的量浓度与平衡总压的关系如图3所示。图中A、B、C三点 $\text{NO}_2$ 的转化率最高的是\_\_\_\_\_，该反应的平衡常数 $K_p$ =\_\_\_\_\_ ( $K_p$ 是用平衡分压代替平衡浓度的常数，分压=总压 $\times$ 物质的量分数)。

(2) 已知：弱电解质的电离平衡常数为

物质	$\text{H}_2\text{CO}_3$	$\text{H}_2\text{S}$	$\text{HNO}_2$
电离平衡常数 (25℃)	$K_{a1}=4.2\times10^{-7}$ $K_{a2}=5.61\times10^{-11}$	$K_{a1}=1.3\times10^{-7}$ $K_{a2}=7.1\times10^{-15}$	$K_a=5.1\times10^{-4}$

①含有1L 2mol·L<sup>-1</sup>碳酸钠的溶液中加入1L 1mol·L<sup>-1</sup>的 $\text{HNO}_2$ 后，则溶液中 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 和 $\text{NO}_2^-$ 的离子浓度由大到小是\_\_\_\_\_。

②25℃时，在0.10mol·L<sup>-1</sup> $\text{H}_2\text{S}$ 溶液中，通入HCl气体或加入NaOH固体，溶液

pH 与  $c(\text{S}_2)$  关系如图 3 所示 ( 忽略溶液体积的变化、 $\text{H}_2\text{S}$  的挥发 ) . pH=13 时 , 溶液中的  $c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) =$  \_\_\_\_\_  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ;

③向 10.00mL0.10 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  的氢硫酸中滴加 10.00mL0.1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH 溶液 , 溶液呈 \_\_\_\_\_ 性 , 其定量依据是 \_\_\_\_\_ 。

( 3 )已知 :① $\text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H = +210.5\text{KJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

② $\text{CaSO}_4(\text{s}) + 4\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaS}(\text{s}) + 4\text{CO}_2(\text{g}) \Delta H = -189.2\text{KJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

则 :  $\text{CaO}(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaS}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g}) \Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{KJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  。

22 . 现有一可导热体积固定的密闭容器 A , 和一可导热容积可变的容器 B . 关闭  $K_2$  , 将等量且少量的  $\text{NO}_2$  通过  $K_1$ 、 $K_3$  分别充入 A、B 中 , 反应起始时 , A、B 的体积相同 . ( 已知 :  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$  ;  $\Delta H < 0$  )

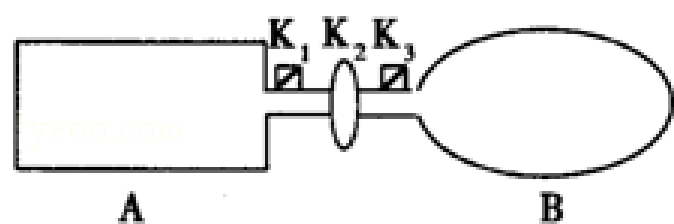
( 1 ) 一段时间后 , 反应达到平衡 , 此时 A、B 中生成的  $\text{N}_2\text{O}_4$  的速率是  $V_A$   $V_B$  . ( 填 “>”、“<”、“=” ) ; 若打开活塞  $K_2$  , 气球 B 将 \_\_\_\_\_ ( 填 : 变大、变小、不变 ) .

( 2 ) 若在 A、B 中再充入与初始量相等的  $\text{NO}_2$  , 则达到平衡时 ,  $\text{NO}_2$  的转化率  $\alpha_A$  将 \_\_\_\_\_ ( 填增大或减小、不变 ) ; 若通入等量的 Ne 气 , 则达到平衡时 , A 中  $\text{NO}_2$  的转化率将 \_\_\_\_\_ , B 中  $\text{NO}_2$  的转化率将 \_\_\_\_\_ ( 填 : 变大、变小、不变 ) .

( 3 ) 室温下 , 若 A、B 都保持体积不变 , 将 A 套上一个绝热层 , B 与外界可以进行热传递 , 则达到平衡时 , \_\_\_\_\_ 中的颜色较深 .

( 4 ) 若在容器 A 中充入 4.6g 的  $\text{NO}_2$  , 达到平衡后容器内混合气体的平均相对

分子质量为 57.5，则平衡时  $\text{N}_2\text{O}_4$  的物质的量为\_\_\_\_\_。



23. 在恒温恒容的密闭容器中，当下列物理量不再发生变化时：①混合气体的压强，②混合气体的密度，③混合气体的总物质的量，④混合气体的平均相对分子质量，⑤混合气体的颜色，⑥各反应物或生成物的反应速率之比等于化学计量数之比

(1) 一定能证明  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$  达到平衡状态的是\_\_\_\_\_ ( 填序号，下同 )。

(2) 一定能证明  $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  达到平衡状态的是\_\_\_\_\_。

(3) 一定能证明  $\text{A}(\text{s}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$  达到平衡状态的是\_\_\_\_\_。

24.  $25^\circ\text{C}$  时，在体积为 2L 的密闭容器中，气态物质 A、B、C 的物质的量  $n(\text{mol})$  随时间  $t$  的变化如图 1 所示，已知达平衡后，降低温度，A 的转化率将增大。

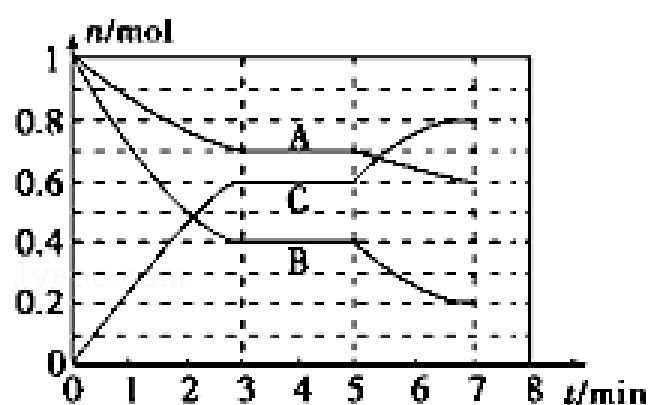


图 1

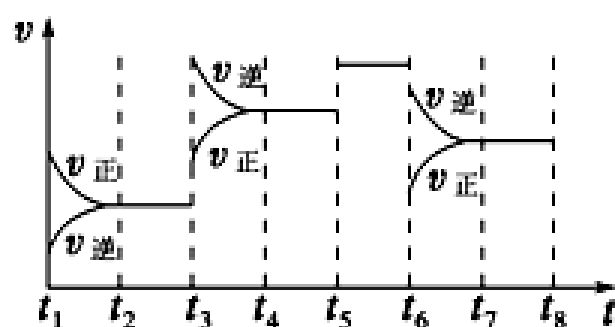


图 2

(1) 根据上图数据，写出该反应的化学方程式：\_\_\_\_\_；此反应的平衡常数表达式  $K = \frac{[\text{C}][\text{D}]}{[\text{A}][\text{B}]^2}$ ，从反应开始到达第一次平衡时的平均速率  $v(\text{A})$  为\_\_\_\_\_。

(2) 在 5~7min 内，若  $K$  值不变，则此处曲线变化的原因是\_\_\_\_\_。

(3) 如图 2 表示此反应的反应速率  $v$  和时间  $t$  的关系图，各阶段的平衡常数如下表所示：

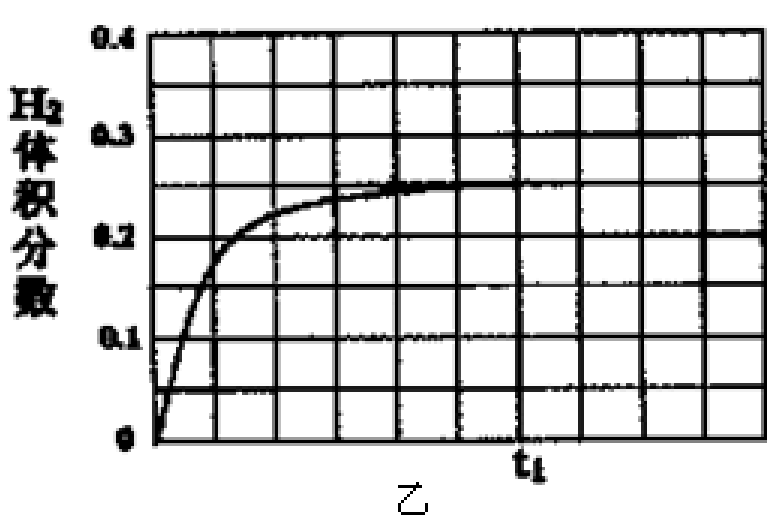
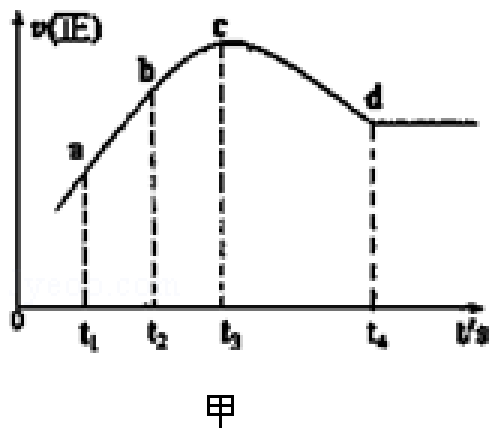
$t_2-t_3$	$t_4-t_5$	$t_5-t_6$	$t_7-t_8$
$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$

$K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$  之间的关系为\_\_\_\_\_ ( 用“>”、“<”或“=”连接 ) . A 的转化率最大的一段时间是\_\_\_\_\_ .

25 . 一定温度下 , 反应  $3\text{Fe}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$  , 在一密闭容器中进行达平衡后 , 试回答 :

- ( 1 ) 增加 Fe 的物质的量 , 其正反应速率\_\_\_\_\_ ( A . 变快 B . 不变 C 变慢 , 前 4 问填字母代号 ) .
- ( 2 ) 将容器的体积缩小一半 , 其正反应速率\_\_\_\_\_, 逆反应速率\_\_\_\_\_ .
- ( 3 ) 若保持体积不变 , 充入 Ar , 其逆反应速率\_\_\_\_\_ .
- ( 4 ) 保持压强不变 , 充入 Ar , 其正反应速率\_\_\_\_\_ .
- ( 5 ) 保持压强不变 , 充入 Ar , 该反应向\_\_\_\_\_方向移动 . ( 填正移、逆移或不移 )

26 . 2013 年雾霾天气多次肆虐我国中东部地区 . 其中汽车尾气和燃煤尾气是造成空气污染的原因之一 .



( 1 ) 汽车尾气净化的主要原理为 :



①对于气相反应 , 用某组分 ( B ) 的平衡压强 (  $P_B$  ) 代替物质的量浓度 (  $C_B$  )

也可以表示平衡常数 ( 记作  $K_p$  ), 则该反应的  $K_p =$  \_\_\_\_\_ .

②该反应在低温下能自发进行, 该反应的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0 . ( 选填“>”、“<” )

③在某一绝热、恒容的密闭容器中充入一定量的 NO、CO 发生上述反应, 测得正反应的速率随时间变化的曲线如图甲所示 ( 已知:  $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$  ). 则下列说法不正确的是 \_\_\_\_\_ . ( 填编号 )

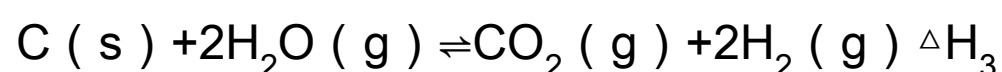
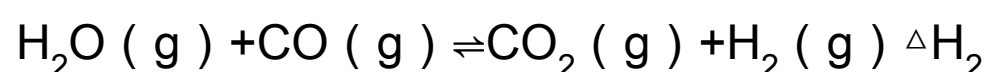
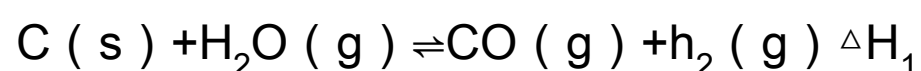
A . 反应在 c 点未达到平衡状态

B . 反应速率 a 点小于 b 点

C . 反应物浓度 a 点大于 b 点

D . NO 的转化率:  $t_1 \sim t_2 > t_2 \sim t_3$

( 2 ) 煤的综合利用、使用清洁能源等有利于减少环境污染. 合成氨工业原料气的来源之一水煤气法, 在催化剂存在条件下有下列反应:



①  $\Delta H_3$  和  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$  的关系为  $\Delta H_3 =$  \_\_\_\_\_ .

②在恒温条件下, 将 1mol CO 和 1mol  $H_2O(g)$  充入某固定容积的反应容器, 达到平衡时有 50% 的 CO 转化为  $CO_2$ . 在  $t_1$  时保持温度不变, 再充入 1mol  $H_2O(g)$ , 请在图乙中画出  $t_1$  时刻后  $H_2$  的体积分数变化趋势曲线.

③甲醇汽油可以减少汽车尾气对环境的污染. 某化工厂用水煤气为原料合成甲醇, 恒温条件下, 在体积可变的密闭容器中发生反应:  $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ , 到达平衡时, 测得 CO、 $H_2$ 、 $CH_3OH$  分别为 1mol、1mol、1mol, 容器的体积为 3L, 现往容器中继续通入 3mol CO, 此时  $v(\text{正})$  \_\_\_\_\_  $v(\text{逆})$  ( 选

填“>”、“<”或“=”), 判断的理由\_\_\_\_\_.

27. 氮及其化合物在工农业生产、生活中有重要作用. 请按要求回答下列相关问题:

(1) 食品添加剂铵明矾  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  高温可分解, 下列关于其分解产物的预测不合理的是\_\_\_\_\_.

A.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

B.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

C.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

D.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

(2) 汽车发动机工作时也会引发  $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  反应产生大气污染物  $\text{NO}$ , 其能量变化示意图如图 1 则该反应的热化学方程式为\_\_\_\_\_.

(3) 工业合成氨的反应:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$   $\Delta H < 0$ , 分别在  $T_1$ 、 $T_2$  温度下, 改变起始氢气物质的量, 测得平衡时氨的体积分数如图 2 所示:

①比较在 m、n、q 三点所处的平衡状态中, 反应物  $\text{N}_2$  的转化率最高的是点.

② $T_2$  条件下, 在 2L 的密闭容器中, 充入 x mol  $\text{N}_2$  和 y mol  $\text{H}_2$  时, 3min 达平衡, 此时反应物的转化率均为 a, 写出下列仅含 a、x 的表达式 (不必化简):  $v(\text{N}_2)$  = \_\_\_\_\_; 该反应的平衡常数的值  $K$  = \_\_\_\_\_.

③图象中  $T_2$  \_\_\_\_\_  $T_1$  (填“高于”、“低于”、“等于”或“无法确定”).

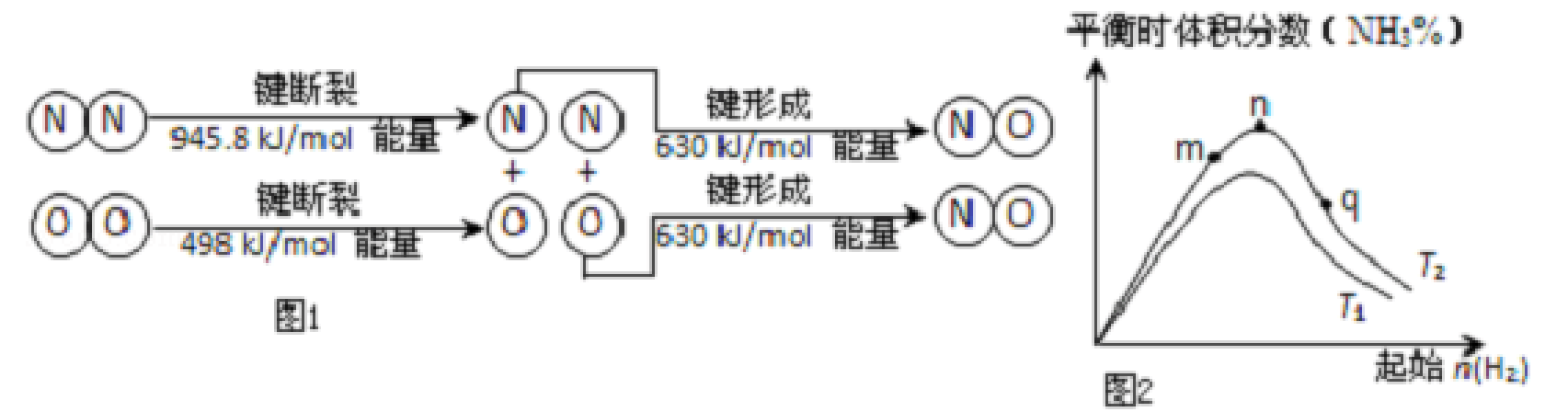
④科学家采用高质子导电性的 SCY 陶瓷 (能传递  $\text{H}^+$ ) 实现氨的电化学合成, 这提高了氮气和氢气的转化率. 写出电化学合成过程中发生还原反应的电极方程式: \_\_\_\_\_.

(4) 将质量相等的四份铁粉和铜粉的均匀混合物, 分别加入同浓度稀硝酸充分反应, (假设硝酸的还原产物只有  $\text{NO}$ ) 实验数据如下表:

编 号	①	②	③	④
稀硝酸体积/mL	100mL	200mL	300mL	400mL
剩余金属/g	18.0g	9.6g	0	0
NO 体积/L ( 标准状况下 )	2.24L	4.48L	6.72L	V

下列有关分析推断正确的是\_\_\_\_\_。

- A . 硝酸起始浓度为 4mol/L
B . ①中溶解了 5.6g Fe
- C . ③中  $n\left(\text{Cu}^{2+}\right)=0.15\text{mol}$ 
D . ④中  $V=6.72\text{L}$



## 2018 年 07 月 28 日\*\*\*\*@兰~兰的高中化学组卷

参考答案与试题解析

### 一．选择题（共 20 小题）

1．将固体  $\text{NH}_4\text{I}$  置于密闭容器中，在一定温度下发生下列反应：① $\text{NH}_4\text{I}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{HI}(\text{g})$ ；② $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$ ．达到平衡时， $c(\text{H}_2) = 0.5\text{mol/L}$ ， $c(\text{HI}) = 4\text{mol/L}$ ，则此温度下反应①的平衡常数为（ ）

A．9 B．16 C．20 D．25

**【分析】**反应①的平衡常数  $k = c(\text{NH}_3) \cdot c(\text{HI})$ ， $\text{NH}_4\text{I}$  分解生成的 HI 为平衡时 HI 与分解的 HI 之和，即为  $\text{NH}_4\text{I}$  分解生成的  $\text{NH}_3$ ，由反应②可知分解的  $c(\text{HI})$  为平衡时  $c(\text{H}_2)$  的 2 倍，求出为  $\text{NH}_4\text{I}$  分解生成的  $\text{NH}_3$ ，代入反应①的平衡常数  $k = c(\text{NH}_3) \cdot c(\text{HI})$  计算。

**【解答】**解：平衡时  $c(\text{HI}) = 4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，HI 分解生成的  $\text{H}_2$  的浓度为  $0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。 $\text{NH}_4\text{I}$  分解生成的 HI 的浓度为  $4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} + 2 \times 0.5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，所以  $\text{NH}_4\text{I}$  分解生成的  $\text{NH}_3$  的浓度为  $5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，  
所以反应①的平衡常数  $k = c(\text{NH}_3) \cdot c(\text{HI}) = 5\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 4\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 20\text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ 。  
故选：C。

**【点评】**本题的解题关键在于平衡时 HI 为  $\text{NH}_4\text{I}$  分解生成的 HI 与分解的 HI 之差，难度较大。

2．在体积为 V 的密闭容器中发生可逆反应  $3\text{A}(\text{?}) + \text{B}(\text{?}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$ ，下列



---

说法正确的是 ( )

- A . 若 A 为气态 , 则气体的平均密度不再变化时反应达到平衡状态
- B . 升高温度 , C 的体积分数增大 , 则该正反应放热
- C . 达到平衡后 , 向容器中加入 B , 正反应速率一定加快
- D . 达到平衡后 , 若将容器的容积压缩为原来的一半 , C 的浓度变为原来的 1.8 倍 , 则 A 一定为非气态

**【分析】** A . 如 A、B 都为气态 , 则无论是否达到平衡 , 密度都不变 ;

B . 升高温度 , C 的体积分数增大 , 说明平衡正向移动 ;

C . 如 B 为固体 , 则速率不变 ;

D . 达到平衡后 , 若将容器的容积压缩为原来的一半 , 如平衡不移动 , C 的浓度变为原来的 2 倍 , 而 C 的浓度变为原来的 1.8 倍 , 说明平衡逆向移动。

**【解答】** 解 : A . 如 A、B 都为气态 , 则无论是否达到平衡 , 密度都不变 , 不能用于判断是否达到平衡状态 , 故 A 错误 ;

B . 升高温度 , C 的体积分数增大 , 说明平衡正向移动 , 则该正反应吸热 , 故 B 错误 ;

C . 如 B 为固体 , 则浓度不变 , 速率不变 , 故 C 错误 ;

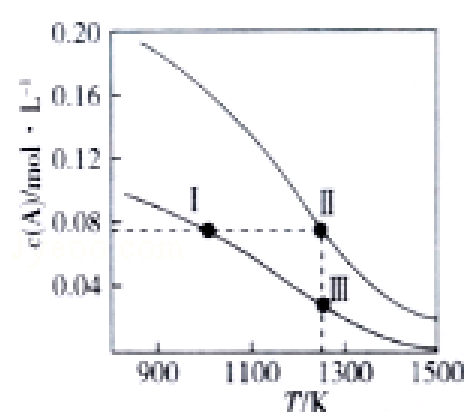
D . 达到平衡后 , 若将容器的容积压缩为原来的一半 , 如平衡不移动 , C 的浓度变为原来的 2 倍 , 而 C 的浓度变为原来的 1.8 倍 , 说明平衡逆向移动 , 则 A 一定为非气态 , 故 D 正确。

故选 : D。

**【点评】** 本题考查化学平衡移动 , 为高频考点 , 把握化学平衡移动的影响因素为解答的关键 , 侧重分析与应用能力的考查 , 注意温度、压强对平衡移动的影响 ,

选项 D 为易错点，题目难度不大。

3. 在体积均为 1.0L 的两个恒容密闭容器中加入足量的相同质量的固体 B，再分别加入 0.1mol A 和 0.2molA，在不同温度下反应  $A(g) + B(s) \rightleftharpoons 2C(g)$  达到平衡，平衡时 A 的物质的量浓度  $c(A)$  随温度的变化如图所示(图中 I、II、III 点均处于曲线上)。下列说法正确的是 ( )



A. 反应  $A(g) + B(s) \rightleftharpoons 2C(g)$   $\Delta S > 0$ 、 $\Delta H < 0$

B. A 的转化率： $a(\text{状态 II}) > a(\text{状态 III})$

C. 体系中  $c(C)$ ： $c(C, \text{状态 II}) > c(C, \text{状态 III})$

D. 化学平衡常数： $K(\text{状态 I}) = K(\text{状态 III}) > K(\text{状态 II})$

【分析】A. 由气体的化学计量数增大可知  $\Delta S$ ，由图中温度高平衡时  $c(CO_2)$  小可知  $\Delta H$ ；

B. 由图象可知，状态 II 和状态 III 平衡时  $CO_2$  的浓度不同，结合转化率等于变化量和初始量的比值来回答；

C. 状态 II、状态 III 的温度相同，状态 II 看作先加入 0.1mol  $CO_2$ ，与状态 III 平衡时 CO 的浓度相同，再加入 0.1mol  $CO_2$ ，若平衡不移动，II 状态 CO 的浓度等于 2 倍 III，但再充入  $CO_2$ ，相当增大压强，平衡左移动，消耗 CO；

D. 状态 II、状态 III 的温度相同，状态 II 看作先加入 0.1mol  $CO_2$ ，与状态 III 平衡时 CO 的浓度相同，再加入 0.1mol  $CO_2$ ，若平衡不移动，II 状态 CO 的浓度等

于 2 倍Ⅲ，但再充入  $\text{CO}_2$ ，相当增大压强，平衡左移动，消耗  $\text{CO}$ 。

**【解答】**解：A．由气体的化学计量数增大可知  $\Delta S > 0$ ，由图中温度高平衡时  $c(\text{CO}_2)$  小，则升高温度平衡正向移动，可知  $\Delta H > 0$ ，故 A 错误；

B．由图象可知，状态Ⅱ和状态Ⅲ平衡时  $\text{CO}_2$  的浓度不同，所以转化率不同，A 的转化率： $a(\text{状态Ⅱ}) < a(\text{状态Ⅲ})$  故 B 错误；

C．状态Ⅱ、状态Ⅲ的温度相同，状态Ⅱ看作先加入  $0.1\text{molCO}_2$ ，与状态Ⅲ平衡时  $\text{CO}$  的浓度相同，再加入  $0.1\text{molCO}_2$ ，若平衡不移动，Ⅱ状态  $\text{CO}$  的浓度等于 2 倍Ⅲ，但再充入  $\text{CO}_2$ ，相当增大压强，平衡左移，消耗  $\text{CO}$ ，则  $c(\text{CO}, \text{状态Ⅱ}) < 2c(\text{CO}, \text{状态Ⅲ})$ ，故 C 正确；

D．状态Ⅱ、状态Ⅲ的温度相同，所以  $K_{\text{Ⅱ}} = K_{\text{Ⅲ}}$ ，又由图中温度高平衡时  $c(\text{CO}_2)$  小，则升高温度平衡正向移动，则温度高  $K$  大，所以  $K_{\text{Ⅰ}} < K_{\text{Ⅱ}} = K_{\text{Ⅲ}}$ ，故 D 错误；  
故选：C。

**【点评】**本题考查化学平衡及平衡的建立，为高频考点，把握平衡移动的影响因素、图象分析为解答的关键，选项 C 为解答的难点，题目难度中等。

4．在醋酸溶液中， $\text{CH}_3\text{COOH}$  电离达到平衡的标志是 ( )

A．溶液显电中性

B．溶液中检测不出  $\text{CH}_3\text{COOH}$  分子存在

C．氢离子浓度恒定不变

D． $c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$

**【分析】** $\text{CH}_3\text{COOH}$  为弱电解质，为可逆过程， $\text{CH}_3\text{COOH}$  电离达到平衡时，溶液中离子浓度不变，以此进行判断。

【解答】解：A．无论是否达到平衡状态，溶液都呈电中性，故 A 错误；

B． $\text{CH}_3\text{COOH}$  为弱电解质，为可逆过程，溶液中应存在  $\text{CH}_3\text{COOH}$  分子，故 B 错误；

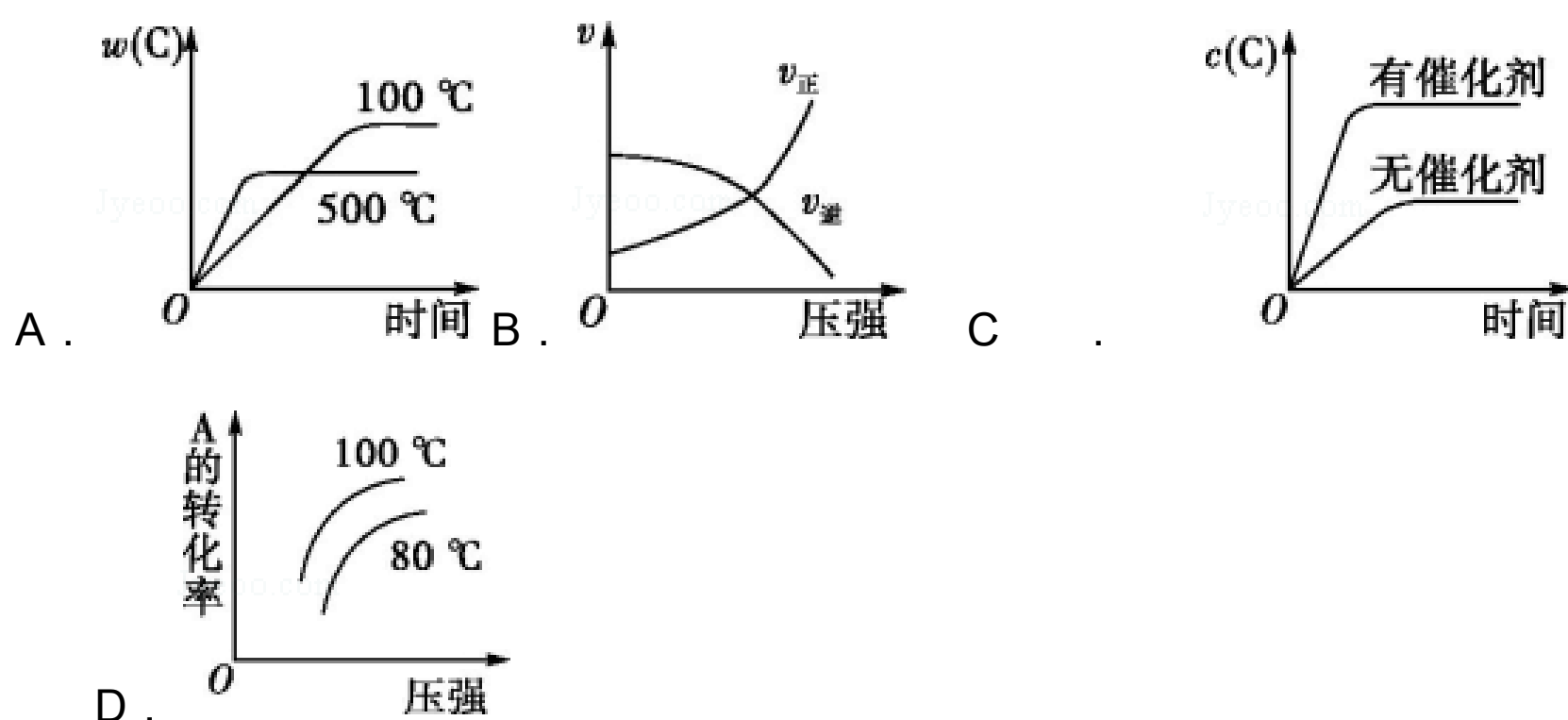
C．氢离子浓度恒定不变，说明正逆反应速率相等，达到平衡状态，故 C 正确；

D．由于醋酸的电离程度未知，达到平衡时  $c(\text{H}^+)$  与  $c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  关系不确定，且  $c(\text{H}^+) = c(\text{CH}_3\text{COO}^-)$  不符合溶液电中性原则，故 D 错误。

故选：C。

【点评】本题考查化学平衡状态的判断，侧重于弱电解质的电离平衡的考查，题目难度不大，注意把握平衡状态的特征。

5．对于可逆反应： $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$   $\Delta H < 0$ ，下列各图正确的是( )



【分析】对于可逆反应  $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g})$   $\Delta H < 0$ ，反应放热，升高温度，正逆反应速率都增大，平衡向逆反应方向移动，反应物的化学计量数之和大于生成物的化学计量数之和，增大压强，平衡向正反应方向移动，

A、图象中  $500^\circ\text{C}$  时温度高，且升高温度，平衡向逆反应方向移动，生成物 C 在反应混合物中的含量减小，与反应相符；

---

B、增大压强，平衡向正反应方向移动，正逆反应速率均增大，交叉点后，正反应速率大于逆反应速率；

C、催化剂能加快反应速率，但不改变化学平衡，有无催化剂，C 的浓度都不变化；

D、反应放热，升高温度，正逆反应速率都增大，平衡向逆反应方向移动，A 的转化率减小。

**【解答】**解：A、500℃时温度高，且升高温度，平衡向逆反应方向移动，生成物 C 在反应混合物中的含量减小，与图象相符，故 A 正确；

B、增大压强，平衡向正反应方向移动，正逆反应速率均增大，交叉点后，正反应速率大于逆反应速率，与图象不相符，故 B 错误；

C、催化剂能加快反应速率，但不改变化学平衡，有无催化剂，C 的浓度都不变化，与图象不相符，故 C 错误；

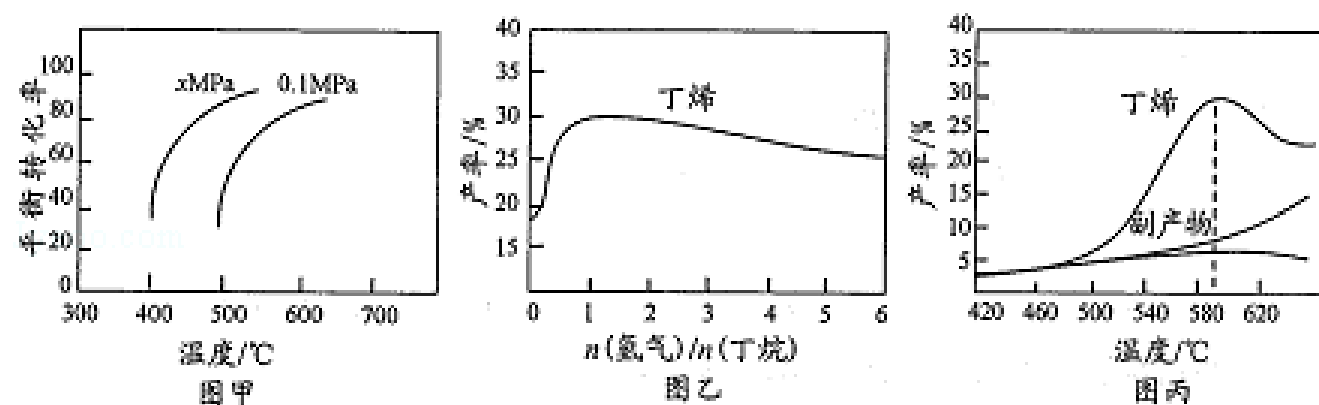
D、反应放热，升高温度，正逆反应速率都增大，平衡向逆反应方向移动，A 的转化率减小，与图象不相符，故 D 错误。

故选：A。

**【点评】**本题考查化学平衡移动图象问题，题目难度中等，注意根据化学方程式的特点以及反应的吸热、放热等特点判断温度、压强对化学平衡移动的影响。

6．工业上用丁烷催化脱氢制备丁烯： $\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})=\text{C}_4\text{H}_8(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$ (正反应吸热)

将丁烷和氢气以一定的配比通过填充有催化剂的反应器(氢气的作用是活化催化剂)，反应的平衡转化率、产率与温度、投料比有关。下列判断不正确的是( )



A. 由图甲可知， $x$  小于 0.1

B. 由图乙可知，丁烯产率先增大后减小，减小的原因是氢气是产物之一，随着  $\frac{n(\text{氢气})}{n(\text{丁烷})}$  增大，逆反应速率减小

C. 由图丙可知产率在 590 °C 之前随温度升高而增大的原因可能是温度升高平衡正向移动

D. 由图丙可知，丁烯产率在 590 °C 之后快速降低的主要原因为丁烯高温分解生成副产物

**【分析】** A. 增大压强，平衡逆向移动；

B. 加入氢气，平衡逆向移动，丁烯产率上升的可能原因是通入的  $\text{H}_2$  对催化剂有活化作用，而增大压强正逆反应速率均增大；

C. 由图丙可知可知升高温度，丁烷的转化率增大，正反应为吸热反应，升高温度平衡正向移动；

D. 由图丙可知 590 °C 后丁烯产率下降，可能与副反应以及催化剂的活性有关。

**【解答】** 解：A. 增大压强，平衡逆向移动，则丁烯的平衡转化率减小，结合图象可知  $x$  小于 0.1，故 A 正确；

B. 加入氢气，平衡逆向移动，丁烯产率上升的可能原因是通入的  $\text{H}_2$  对催化剂有活化作用，丁烯产率先增大后减小，减小的原因是氢气是产物之一，而随着  $\frac{n(\text{氢气})}{n(\text{丁烷})}$  增大，若压强增大，逆反应速率增大，故 B 错误；

C. 由图丙可知升高温度，丁烷的转化率增大，且正反应为吸热反应，升高温度



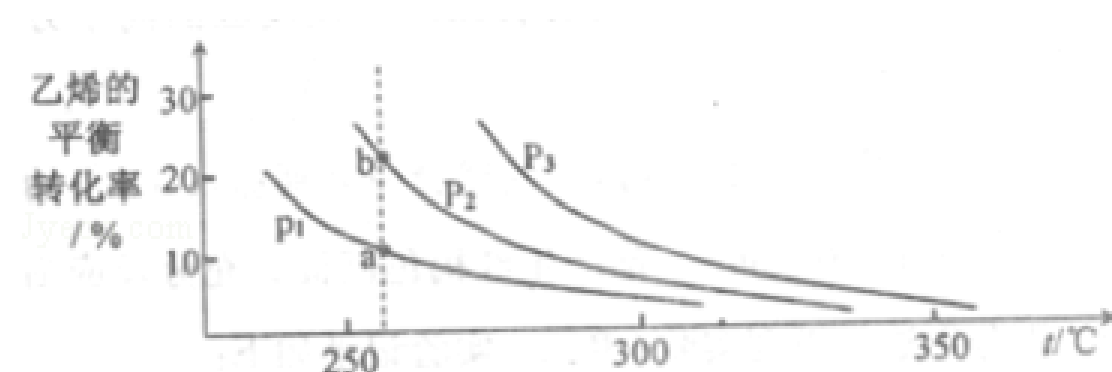
平衡正向移动，则丁烯的平衡产率增大，故 C 正确；

D．由图丙可知 590℃ 后丁烯产率下降，可能与副反应以及催化剂的活性有关，快速降低的主要原因为丁烯高温分解生成副产物，故 D 正确；

故选：B。

**【点评】** 本题考查化学平衡的影响因素，为高频考点，把握温度、浓度对平衡的影响为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意平衡移动原理与图象的结合，选项 B 为解答的难点，题目难度不大。

7．已知气相直接水合法制取乙醇的反应为  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{g})$ 。在容积为 3L 的密闭容器中，当  $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{C}_2\text{H}_4) = 1 : 1$  时，乙烯的平衡转化率与温度、压强的关系如下图所示：下列说法正确的是 ( )



A．a、b 两点平衡常数： $b > a$

B．压强大小顺序： $P_1 > P_2 > P_3$

C．当混合气的密度不变时反应达到了平衡

D．其他条件不变，增大起始投料  $\frac{n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{C}_2\text{H}_4)}$ ，可提高乙烯转化率

**【分析】** A．a、b 点温度相同；

B．该反应为气体体积减小的反应，增大压强乙烯的转化率增大；

C．混合气体的质量、体积均不变；

D．增大水蒸气的量，可促进乙烯的转化。

**【解答】**解：A．a、b 点温度相同，则 a、b 两点平衡常数： $b=a$ ，故 A 错误；

B．该反应为气体体积减小的反应，增大压强乙烯的转化率增大，则压强大小顺序： $P_1 < P_2 < P_3$ ，故 B 错误；

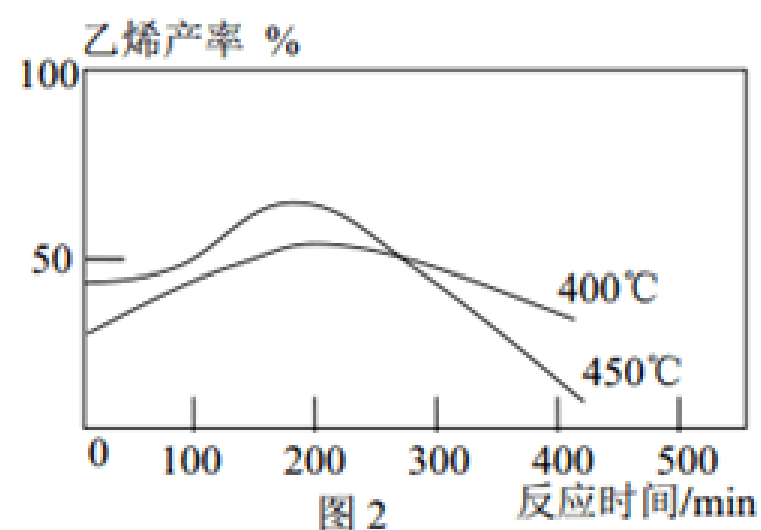
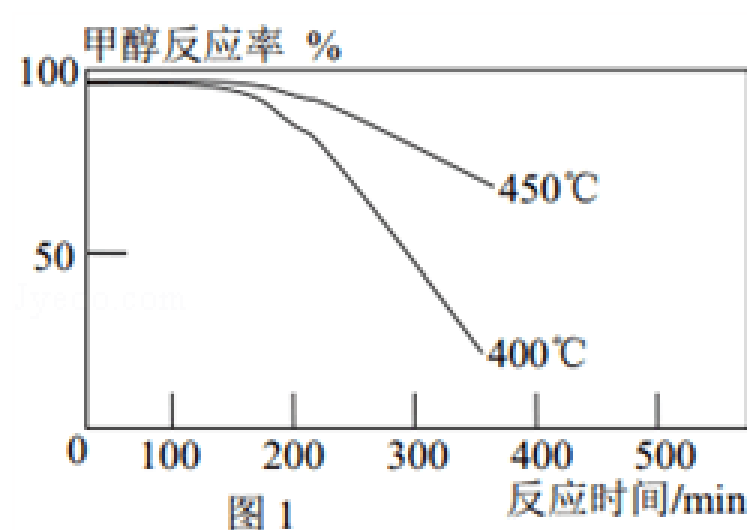
C．混合气体的质量、体积均不变，则密度始终不变，不能判定平衡状态，故 C 错误；

D．增大水蒸气的量，可促进乙烯的转化，则增大起始投料 $\frac{n(H_2O)}{n(C_2H_4)}$ ，可提高乙烯转化率，故 D 正确；

故选：D。

**【点评】**本题考查化学平衡及常数，为高频考点，把握图象的意义、平衡移动、K 的影响因素为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意选项 C 为解答的易错点，题目难度不大。

8．已知  $2CH_3OH(g) \rightleftharpoons C_2H_4(g) + 2H_2O(g)$ 。某研究小组将甲醇蒸气以一定的流速持续通过相同量的同种催化剂，不同温度得到如图所示图象，则下列结论 不 正 确 的 是 ( )



A．一段时间后甲醇反应率下降可能是催化剂活性下降

B．综合图 1、图 2 可知，甲醇还发生了其他反应



---

C．若改变甲醇蒸气的流速，不会影响甲醇反应率和乙烯产率

D．制乙烯比较适宜的温度是 450℃左右

【分析】A．由图可知，催化剂的催化活性降低；

B．由图可知，450℃乙醇的反应率增大、乙烯的产率减小；

C．增大甲醇蒸气的流速，可能来不及反应；

D．由图 2 可知，450℃、200min 时乙烯的产率最大。

【解答】解：A．催化剂可加快反应速率，温度过高时催化剂失去活性，一段时间后甲醇反应率下降可能是催化剂活性下降，故 A 正确；

B．由图可知，450℃乙醇的反应率增大、乙烯的产率减小，则甲醇还发生了其他反应，可能生成醚，故 B 正确；

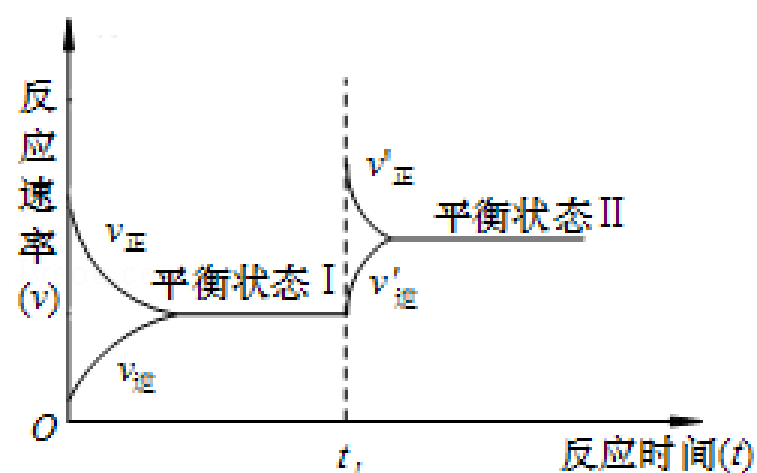
C．增大甲醇蒸气的流速，可能来不及反应，甲醇反应率和乙烯产率减小，故 C 错误；

D．由图 2 可知，450℃、200min 时乙烯的产率最大，则制备乙烯比较适宜的温度是 450℃左右，故 D 正确；

故选：C。

【点评】本题考查化学平衡的影响因素，为高频考点，把握图象的分析、催化剂对反应的影响为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意选项 C 为解答的易错点，题目难度不大。

9．如图是恒温下  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) + \text{Q}$  ( $\text{Q} > 0$ ) 的化学反应速率随反应时间变化的示意图， $t_1$  时刻改变的外界条件是 ( )



A . 升高温度    B . 增大压强

C . 增大反应物浓度 D . 加入催化剂

**【分析】**由图象可知，在 $t_1$ 时刻可逆反应达到平衡后，改变影响平衡的条件，正反应速率瞬间增大，而逆反应速率瞬间不变，说明平衡向逆反应方向移动，结合温度、压强、浓度对平衡移动的影响解答该题。

**【解答】**解：A . 对可逆反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) + \text{Q} \quad (\text{Q} > 0)$  达到平衡时升高温度，正逆反应速率均增大，但平衡逆向移动，故 A 错误；

B . 对可逆反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) + \text{Q} \quad (\text{Q} > 0)$  达到平衡时增大压强，正逆反应速率均增大，且增大的幅度相等，平衡不移动，故 B 错误；

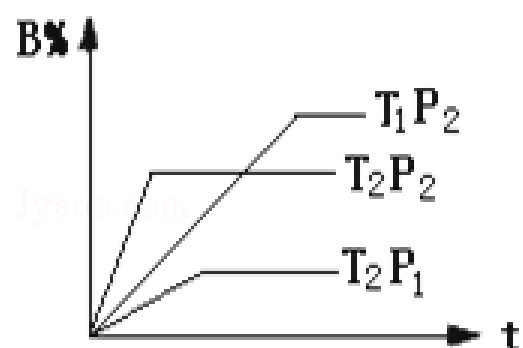
C . 对可逆反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) + \text{Q} \quad (\text{Q} > 0)$  达到平衡时增大反应物浓度，正反应速率瞬间增大，而逆反应速率瞬间不变，说明平衡向逆反应方向移动，故 C 正确；

D . 对可逆反应  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g}) + \text{Q} \quad (\text{Q} > 0)$  达到平衡时加入催化剂，正逆反应速率均增大，且增大的幅度相等，平衡不移动，故 D 错误；

故选：C。

**【点评】**本题考查化学平衡图象问题，题目难度中等，根据图象判断平衡移动的方向，结合浓度、温度、压强对平衡移动的影响是解答该题的关键，学习中注意相关知识的积累。

10. 已知某可逆反应： $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons r\text{C}(\text{g})$  在密闭容器中进行。如图表示此反应在不同时间  $t$ ，温度  $T$  和压强  $p$  与反应物 B 在混合气体中的百分含量 ( $\text{B}\%$ ) 的关系曲线。由曲线分析下列判断正确的是 ( )



- A.  $T_1 > T_2$ ,  $p_1 > p_2$ ,  $m+n > r$ , 正反应吸热
- B.  $T_1 < T_2$ ,  $p_1 < p_2$ ,  $m+n < r$ , 正反应吸热
- C.  $T_1 > T_2$ ,  $p_1 > p_2$ ,  $m+n < r$ , 正反应放热
- D.  $T_1 < T_2$ ,  $p_1 < p_2$ ,  $m+n > r$ , 正反应放热

**【分析】** 温度相同时，根据到达平衡的时间判断压强大小，再根据压强对 B 的含量的影响，判断压强对平衡的影响，确定反应气体体积变化情况；  
压强相同时，根据到达平衡的时间判断温度大小，再根据温度对 B 的含量的影响，判断温度对平衡的影响，确定反应的热效应。

**【解答】** 解：由图象可知，温度为  $T_2$  时，根据到达平衡的时间可知  $P_2 > P_1$ ，且压强越大，B 的含量高，说明压强增大平衡向逆反应方向移动，故正反应为气体体积增大的反应，即  $m+n < r$ ；

压强为  $P_2$  时，根据到达平衡的时间可知  $T_2 > T_1$ ，且温度越高，B 的含量低，说明温度升高平衡向正反应方向移动，则正反应为吸热反应，

故选：B。

**【点评】** 本题考查化学平衡图象问题，难度不大，本题注意根据图象判断温度、

---

压强的大小，根据温度、压强对平衡移动的影响分析。

11. 一定温度下，反应  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$  在密闭容器中进行，下列措施不改变化学反应速率的是 ( )

A. 缩小体积使压强增大    B. 恒容，充入  $\text{N}_2$

C. 恒容，充入 He    D. 恒压，充入 He

**【分析】** 改变化学反应速率的因素：温度、浓度、压强、催化剂等，据此回答；

A、缩小体积使压强增大，则增大各组分浓度；

B、恒容，充入  $\text{N}_2$ ，则增大氮气的浓度；

C、恒容，充入 He，各组分浓度不变；

D、恒压，充入 He，体积增大，各组分浓度减小。

**【解答】** 解：A、缩小体积使压强增大，则增大各组分浓度，可以加快该化学反应的速率，故 A 错误；

B、恒容，充入  $\text{N}_2$ ，则增大氮气的浓度，可以加快该化学反应的速率，故 B 错误；

C、恒容，充入 He，各组分浓度不变，速率不变，故 C 正确；

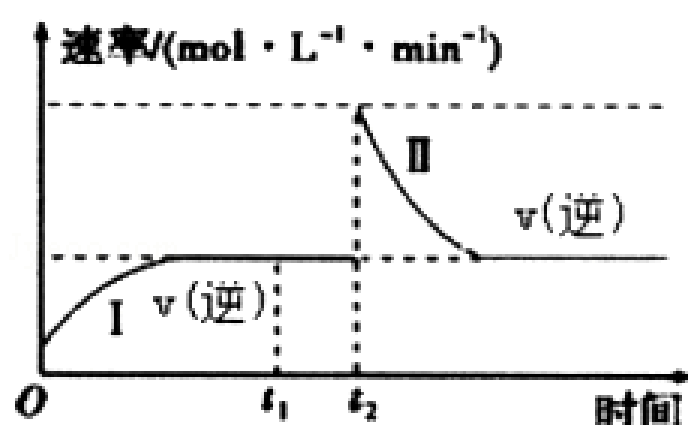
D、恒压，充入 He，体积增大，各组分浓度减小，速率减小，故 D 错误。

故选：C。

**【点评】** 本题考查学生影响化学反应速率的因素：浓度、压强，注意知识的灵活应用是关键，难度中等。

12. 在一恒温恒压的密闭容器中发生如下反应： $\text{M}(\text{g}) + \text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{R}(\text{g}) \Delta H$

$< 0$ ， $t_1$  时刻达到平衡，在  $t_2$  时刻改变某一条件，其反应过程如下图所示。下列说法不正确的是 ( )



- A .  $t_1$  时刻的  $v(正)$  小于  $t_2$  时刻的  $v(正)$
- B .  $t_2$  时刻改变的条件是向密闭容器中加 R
- C . I、II 两过程达到平衡时，M 的体积分数相等
- D . I、II 两过程达到平衡时，反应的平衡常数相等

**【分析】** A .  $t_1 \sim t_2$  反应到达平衡，则  $v_{正} = v_{逆}$ ；

B . 密闭容器中加 R，逆反应速率瞬间增大，I、II 两过程为等效平衡；

C .  $t_2$  时刻改变条件后达到平衡，逆反应速率不变，说明和原平衡等效，体积分数不变；

D . 平衡常数只受温度影响，I、II 两过程为等效平衡，平衡常数相等。

**【解答】** 解：A . 过程 I 中，逆反应速率增大过程，反应正向进行，则  $v_{正} > v_{逆}$ ，逆反应速率不变时，反应到达平衡，则  $v_{正} = v_{逆}$ ，故 A 错误；

B . 密闭容器中加 R，逆反应速率瞬间增大，恒温恒压下与原平衡为等效平衡，故 B 正确；

C .  $t_2$  时刻改变条件后达到平衡时逆反应速率不变，说明和原平衡等效，A 的体积分数 I = II，故 C 正确；

D . 平衡常数只受温度影响，I、II 两过程为等效平衡，I、II 两过程达到平衡时，平衡常数  $K(I) = K(II)$ ，故 D 正确，

故选：A。

**【点评】** 本题考查化学平衡图象、化学平衡的建立、平衡常数等，关键是理解恒温恒压条件下改变条件对平衡的影响，题目难度中等。

13．如图所示，左室容积为右室的两倍，温度相同，现分别按照如图所示的量充入气体，同时加入少量固体催化剂使两室内气体充分反应达到平衡，打开活塞，继续反应再次达到平衡，下列说法不正确的是（ ）



- A．第一次平衡时， $\text{SO}_2$  的物质的量左室更多
- B．通入气体未反应前，左室压强和右室样大
- C．第一次平衡时，左室内压强一定小于右室
- D．第二次平衡时， $\text{SO}_2$  的总物质的量比第一次平衡时左室  $\text{SO}_2$  的物质的量的 2 倍还要多

**【分析】** A．根据  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ，把  $1\text{mol SO}_3$  导入左边相当于  $1\text{mol SO}_2$ ， $0.5\text{mol O}_2$ ，而左室体积大于右室，左室相对右室相当于减小压强，平衡左移；

B．根据  $PV=nRT$ ，左室气体物质的量和体积均是右室的 2 倍；

C．根据  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ，把  $1\text{mol SO}_3$  导入左边相当于  $1\text{mol SO}_2$ ， $0.5\text{mol O}_2$ ，而左室体积大于右室，左室相对右室相当于减小压强，平衡左移；

D．第二次平衡时，气体体积变为左室体积的 1.5 倍，把  $1\text{mol SO}_3$  导入左边相当于  $1\text{mol SO}_2$ ， $0.5\text{mol O}_2$ ，物质的量变为 2 倍，比第一次平衡时压强变大，平衡正向移动。

**【解答】** 解（1）A．据  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ ，把  $2\text{mol SO}_3$  导入左边相当于  $2\text{mol SO}_2$ ，

1molO<sub>2</sub>，而左室体积大于右室，左室相对右室相当于减小压强，平衡左移，生成的 SO<sub>2</sub> 的物质的量更多，故 A 正确；

B．根据 PV=nRT，左室气体物质的量和体积均是右室的 2 倍，即压强相等，故 B 正确；

C．根据 2SO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>⇌2SO<sub>3</sub>，把 1molSO<sub>3</sub> 导入左边相当于 1molSO<sub>2</sub>，0.5molO<sub>2</sub>，而左室体积大于右室，左室相对右室相当于减小压强，平衡左移，故左室内压强一定小于右室，故 C 正确；

D．第二次平衡时，气体体积变为左室体积的 1.5 倍，把 1molSO<sub>3</sub> 导入左边相当于 1molSO<sub>2</sub>，0.5molO<sub>2</sub>，物质的量变为 2 倍，比第一次平衡时压强变大，平衡正向移动，生成的 SO<sub>2</sub> 的总物质的量比第一次平衡时左室 SO<sub>2</sub> 的物质的量的 2 倍少，故 D 错误；

故选：D。

【点评】本题考查影响化学平衡的影响因素，难度中等，灵活应用等效平衡理论是解题关键，难度中等。

14．近年科学家提出“绿色自由”构想。把含有 CO<sub>2</sub> 的空气吹入 K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液中被吸收，再把 CO<sub>2</sub> 从溶液中提取出来，并使之与 H<sub>2</sub> 反应生成可再生能源甲醇。其工艺流程如图所示，下列有关说法不正确的是（ ）



A．I、II 两步目的是为了富集 CO<sub>2</sub>



B. 从合成塔中及时分离出甲醇可以提高  $\text{CO}_2$  的转化率

C. 过程中  $\text{K}_2\text{CO}_3$  可以循环使用

D. 铬锌触媒催化剂可以改变合成甲醇的焓变

**【分析】** 空气中的  $\text{CO}_2$  与  $\text{K}_2\text{CO}_3$  溶液生成  $\text{KHCO}_3$ ，碳酸氢钾不稳定，在分解池中加热分解生成碳酸钾和二氧化碳、水；二氧化碳与氢气合成甲醇，由此分析解答。

**【解答】** 解：A、由以上分析可知：I、II 两步目的是为了富集  $\text{CO}_2$ ，提供合成甲醇的原料，故 A 正确；

B、 $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，从合成塔中及时分离出甲醇，减小生成物浓度，平衡正向移动，可以提高  $\text{CO}_2$  的转化率，故 B 正确；

C、 $\text{CO}_2$  与  $\text{K}_2\text{CO}_3$  溶液生成  $\text{KHCO}_3$ ，碳酸氢钾不稳定，在分解池中加热分解生成碳酸钾，过程中  $\text{K}_2\text{CO}_3$  可以循环使用，故 C 正确；

D、铬锌触媒催化剂不能改变合成甲醇的焓变，故 D 错误；

故选：D。

**【点评】** 本题考查化学平衡的影响因素，学生要了解物质的相互转化和制备的方法及注意事项；根据题目中的信息，结合化学平衡移动的原理解决即可。

15. 某温度下，在容积固定不变的密闭容器中进行可逆反应  $\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Z}(\text{g}) + \text{W}(\text{s})$   $\Delta H > 0$ ，一段时间后，达到化学平衡状态。下列叙述正确的是( )

A. 通入稀有气体，平衡向正反应方向移动

B. 加入少量 W，逆反应速率增大

C. 升高温度，正反应速率增大，逆反应速率减小



---

D．降低温度，平衡向逆反应方向移动

**【分析】**A．容积固定不变的密闭容器中，通入稀有气体，X、Y、Z 的浓度不变；

B．W 为固体；

C．升高温度，正逆反应速率均增大；

D．该反应为吸热反应，降低温度向放热的方向移动。

**【解答】**解：A．容积固定不变的密闭容器中，通入稀有气体，X、Y、Z 的浓度不变，则平衡不移动，故 A 错误；

B．W 为固体，加入少量 W，正逆反应速率均不变，故 B 错误；

C．升高温度，正逆反应速率均增大，且正反应速率大于逆反应速率，平衡正向移动，故 C 错误；

D．该反应为吸热反应，降低温度向放热的方向移动，则降低温度，平衡向逆反应方向移动，故 D 正确；

故选：D。

**【点评】**本题考查化学平衡移动，为高频考点，把握平衡移动及反应速率的影响因素为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意 W 为固体及吸热反应的应用，题目难度不大。

16．对已经达到衡的下列反应； $2X(g) + Y(g) \rightleftharpoons 2Z(g)$  减小压强时，对反应产生的影响是 ( )

A．逆反应速率增大，正反应速率减小，平衡向逆反应方向移动

B．逆反应速率减小，正反应速率增大，平衡向正反应方向移动

C．正、逆速率都减小，平衡向逆反应方向移动

D. 正、逆速率都增大，平衡向正反应方向移动

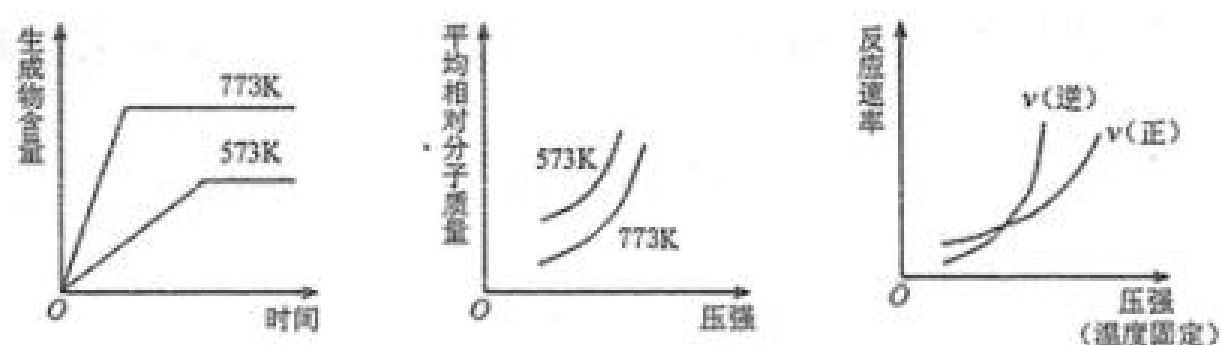
**【分析】**减小压强，对有气体参与的反应，正逆反应速率都减小，平衡向化学计量数增大的方向移动，以此解答该题。

**【解答】**解：反应物气体的计量数之和大于生成物气体的计量数之和，减小压强，正逆反应速率都减小，正方向为计量数减小的方向，所以减小压强平衡向逆方向移动；

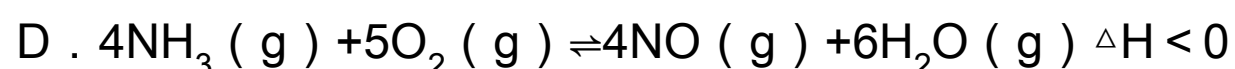
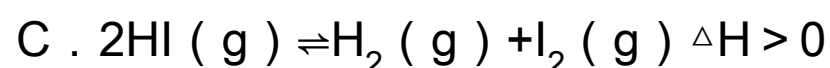
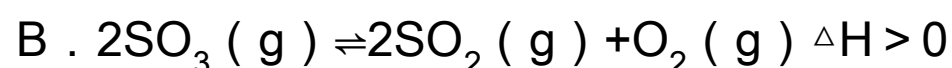
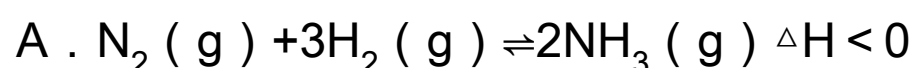
故选：C。

**【点评】**本题考查了压强对反应速率和平衡的影响，为高频考点，属于基础知识的考查。要注意，压强减小，正逆反应速率都减小，只是化学计量数大的一方速率减小的更快些。

17. 现有下列三个图象：



下列反应中全部符合上述图象的反应是 ( )



**【分析】**由图可知，温度高时生成物含量大，则升高温度平衡正向移动；且增大压强，逆反应速率大于正反应速率，平衡逆向移动，正反应为气体体积增大的反

应，即正反应为吸热反应、且气体的体积增大，以此来解答。

**【解答】**解：A．为放热反应，故 A 不选；

B．为吸热反应，且气体体积增大，符合升高温度正向移动、平均相对分子质量减小，增大压强平衡逆向移动、平均相对分子质量增大，故 B 选；

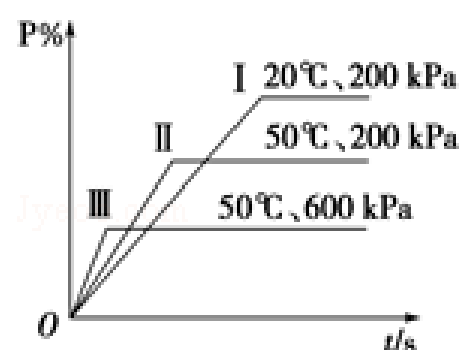
C．增大压强平衡不移动，故 C 不选；

D．为放热反应，故 D 不选；

故选：B。

**【点评】**本题考查化学平衡移动，为高频考点，把握温度、压强对平衡移动的影响为解答的关键，侧重分析与应用能力的考查，注意图象与平衡移动原理的关系，题目难度不大。

18．在一密闭容器中进行以下可逆反应： $M(g) + N(g) \rightleftharpoons P(g) + 2L$ ．在不同的条件下 P 的百分含量 P% 的变化情况如图，则该反应 ( )



A．正反应放热，L 是固体 B．正反应放热，L 是气体

C．正反应吸热，L 是气体 D．正反应放热，L 是固体或气体

**【分析】**依据图象分析，相同条件下，先拐先平温度高，压强大，依据 I II 可知温度越高 P% 越小，说明升温平衡逆向进行，正反应为放热反应，结合 II III，压强越大 P% 越小，说明增大压强平衡逆向进行，平衡向气体体积减小的方向；

**【解答】**解：依据图象分析，相同条件下，先拐先平温度高，压强大，依据 I II

可知温度越高  $P\%$  越小，说明升温平衡逆向进行，正反应为放热反应，结合 II III，压强越大  $P\%$  越小，说明增大压强平衡逆向进行，增大压强平衡向体积减小的方向，L 为气体；

故选：B。

**【点评】** 本题考查了化学平衡图象分析判断，化学平衡移动原理是解题关键，注意图象分析方法，先拐先平温度，压强大，题目难度中等。

19. 一定条件下，A、B、C 的起始浓度分别是  $0.5\text{mol/L}$ 、 $0.1\text{mol/L}$ 、 $1.6\text{mol/L}$ ，可逆反应  $A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$  达到平衡时，下列数据不合理的是 ( )

A.  $c(A) = 1.0\text{mol/L}$     $c(B) = 0.2\text{mol/L}$    B.  $c(B) = 0.5\text{mol/L}$     $c(C) = 1.2\text{mol/L}$

C.  $c(A) = 0.4\text{mol/L}$     $c(C) = 1.8\text{mol/L}$    D.  $c(A) = 0.9\text{mol/L}$     $c(B) = 0.5\text{mol/L}$

**【分析】** 一定条件下，A、B、C 的起始浓度分别是  $0.5\text{mol/L}$ 、 $0.1\text{mol/L}$ 、 $1.6\text{mol/L}$ ，平衡从正向和逆向分别建立，依此利用三段式进行极值计算。

**【解答】** 解：  $A_2(g) + B_2(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ ，

起始量 (mol/L)	0.5	0.1	1.6
正向进行极值转化	0.4	0	1.8
逆向进行极值转化	1.3	0.9	0

达到平衡状态时： $0.4\text{mol/L} < c(A) < 1.3\text{mol/L}$ ， $0 < c(B) < 0.9\text{mol/L}$ ， $0 < c(C) < 1.8\text{mol/L}$ ，

故选：C。

---

**【点评】** 本题考查化学反应速率、化学平衡的相关计算，题目难度中等，要注意运用三段式进行计算。

20．在一定温度下，将一定质量的混合气体在密闭容器中发生反应  $aA(g) + bB(g) \rightleftharpoons cC(g) + dD(g)$ ，达到平衡时测得 B 气体的浓度为  $0.6\text{mol/l}$ ，恒温下将密闭容器的容积扩大一倍，重新达到平衡时，测得 B 气体的浓度为  $0.4\text{mol/l}$ ，下列叙述中正确的是 ( )

- A． $a+b > c+d$
- B．平衡向右移动
- C．重新达平衡时，A 气体浓度增大
- D．重新达平衡时，B 的体积分数减小

**【分析】** 保持温度不变，将容器的体积扩大 1 倍，如平衡不移动，B 气体的浓度为  $0.3\text{mol/L}$ ，小于实际 B 的浓度变为  $0.4\text{mol/L}$ ，说明平衡向生成 B 的方向移动，即向逆反应移动，据此结合选项解答。

**【解答】** 解：保持温度不变，将容器的体积扩大 1 倍，如平衡不移动，B 气体的浓度为  $0.3\text{mol/L}$ ，小于实际 B 的浓度变为  $0.4\text{mol/L}$ ，说明平衡向生成 B 的方向移动，即向逆反应移动。

A、增大体积，压强减小，平衡向逆反应移动，压强减小平衡向气体物质的量增大的方向移动，即  $a+b > c+d$ ，故 A 正确；

B、依据分析判断，化学平衡逆向进行，故 B 错误；

C、体积加倍，各物质的浓度都要减小，即 A 气体浓度减小，故 C 错误；

D、平衡向逆反应移动，B 的体积分数增大，故 D 错误；

故选：A。

【点评】本题考查化学平衡移动，难度中等，利用假设法判断平衡移动方向是解题关键。

二．填空题（共7小题）

21．根据要求回答下列问题：

（1）已知恒温、恒容条件下发生反应： $2\text{NO}_2(\text{g}) + 2\text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$

①图1所示图象说明该反应进行到  $t_1$  时刻未达平衡状态的是 ac（填选项字母）。

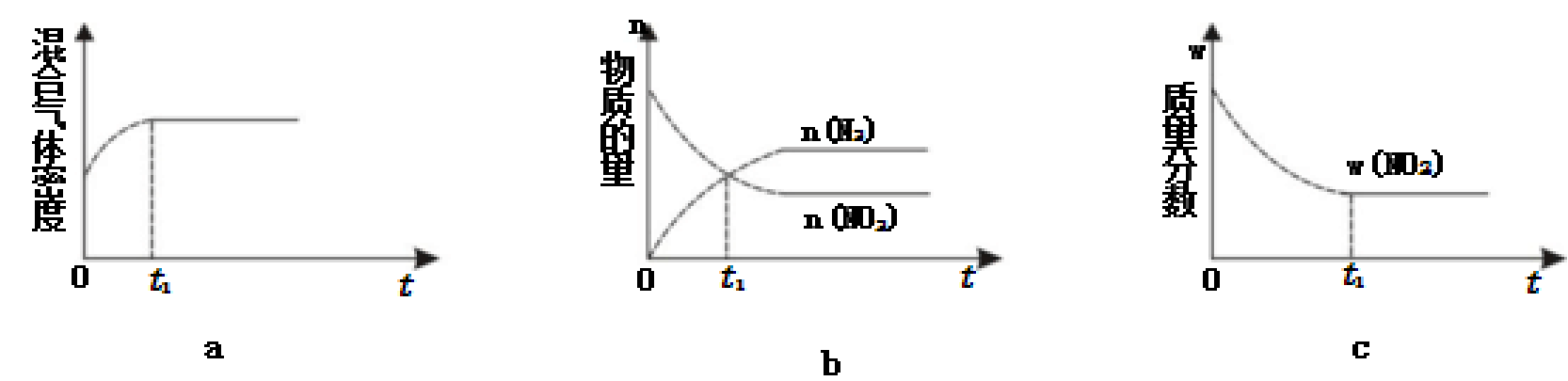


图1

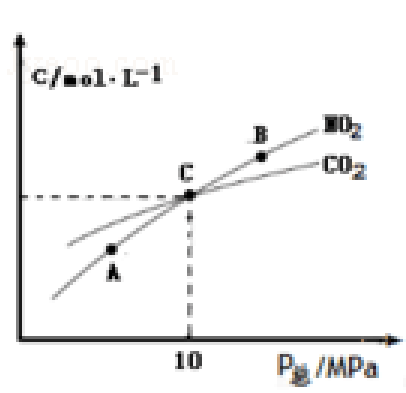


图2

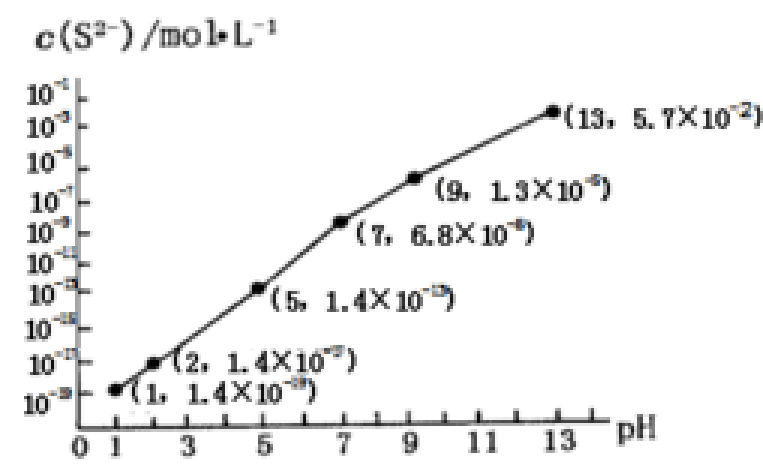


图3

②1mol  $\text{NO}_2$  和足量 C 发生反应，测得平衡时  $\text{NO}_2$  和  $\text{CO}_2$  的物质的量浓度与平衡总压的关系如图3所示。图中 A、B、C 三点  $\text{NO}_2$  的转化率最高的是 A，该反应的平衡常数  $K_p =$  2MPa（ $K_p$  是用平衡分压代替平衡浓度的常数，分压=

总压×物质的量分数 )。

( 2 ) 已知：弱电解质的电离平衡常数为

物质	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	HNO <sub>2</sub>
电离平衡常数 ( 25℃ )	$K_{a1}=4.2\times10^{-7}$ $K_{a2}=5.61\times10^{-11}$	$K_{a1}=1.3\times10^{-7}$ $K_{a2}=7.1\times10^{-15}$	$Ka=5.1\times10^{-4}$

①含有 1L 2mol•L<sup>-1</sup> 碳酸钠的溶液中加入 1L 1mol•L<sup>-1</sup> 的 HNO<sub>2</sub> 后，则溶液中 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 和 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 的离子浓度由大到小是 [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] > [NO<sub>2</sub><sup>-</sup>] > [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] 。

②25℃时，在 0.10mol•L<sup>-1</sup>H<sub>2</sub>S 溶液中，通入 HCl 气体或加入 NaOH 固体，溶液 pH 与 c ( S<sub>2</sub> ) 关系如图 3 所示 ( 忽略溶液体积的变化、H<sub>2</sub>S 的挥发 )。pH=13 时，溶液中的 c ( H<sub>2</sub>S ) +c ( HS<sup>-</sup> ) = 0.043 mol•L<sup>-1</sup> ；

③向 10.00mL0.10mol•L<sup>-1</sup> 的氢硫酸中滴加 10.00mL0.1mol•L<sup>-1</sup>NaOH 溶液，溶液呈 碱 性，其定量依据是 向 10.00mL0.10mol•L<sup>-1</sup> 的氢硫酸中滴加

10.00mL0.1mol•L<sup>-1</sup>NaOH 溶液恰好反应生成 NaHS 溶液，HS<sup>-</sup>+H<sub>2</sub>O⇌H<sub>2</sub>S+OH<sup>-</sup>，

$$K_h=\frac{c(H_2S)c(OH^-)}{c(HS^-)}=\frac{c(H_2S)c(OH^-)}{c(HS^-)}\times\frac{c(H^+)}{c(H^+)}=\frac{K_w}{K_{a1}}=\frac{10^{-14}}{1.3\times10^{-7}}=7.7\times10^{-8}>$$

K<sub>a2</sub>=7.1×10<sup>-15</sup>，说明 HS<sup>-</sup>离子水解程度大于其电离程度，。

( 3 )已知：①CaSO<sub>4</sub>( s )+CO( g )⇌CaO( s )+SO<sub>2</sub>( g )+CO<sub>2</sub>( g )ΔH=+210.5KJ•mol<sup>-1</sup>

②CaSO<sub>4</sub>( s )+4CO( g )⇌CaS( s )+4CO<sub>2</sub>( g )ΔH=-189.2KJ•mol<sup>-1</sup>

则：CaO( s )+3CO( g )+SO<sub>2</sub>( g )⇌CaS( s )+3CO<sub>2</sub>( g )ΔH= -399.7 KJ•mol<sup>-1</sup>

③CaO( s )+CO<sub>2</sub>( g )⇌CaCO<sub>3</sub>( s )ΔH=-178.3KJ•mol<sup>-1</sup>

④

【分析】( 1 ) ①根据化学平衡状态的特征解答，当反应达到平衡状态时，正逆反



应速率相等，各物质的浓度、百分含量不变，以及由此衍生的一些量也不发生变化，解题时要注意，选择判断的物理量，随着反应的进行发生变化，当该物理量由变化到定值时，说明可逆反应到达平衡状态；

②该反应是个气体体积减小的反应，压强增大，反应逆向移动；C 点时  $\text{NO}_2$  和  $\text{CO}_2$  浓度相等，三段式计算 C 点各物质的物质的量，再根据分压计算  $K_{p(C)}$ ；

(2) ①弱酸电离常数越大，酸性越强，其酸根离子水解程度越小；

②pH=13 时， $c(\text{S}_2^-) = 5.7 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ ，在  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{S}$  溶液中根据硫守恒  $c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) + c(\text{S}_2^-) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

③向  $10.00 \text{ mL } 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的氢硫酸中滴加  $10.00 \text{ mL } 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$  溶液恰好反应生成  $\text{NaHS}$  溶液，计算  $\text{HS}^-$  离子水解平衡常数和  $\text{HS}^-$  电离平衡常数比较判断溶液酸碱性；

(3) 利用盖斯定律将② $\times 4$ -①可得  $\text{CaO}(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaS}(\text{s}) + 3\text{CO}_2(\text{g})$  反应热。

【解答】解：(1) ①a、 $2\text{NO}_2(\text{g}) + 2\text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g})$ ，反应前后气体质量增加，体积不变，混合气体密度不变说明反应达到平衡状态，故 a 正确；  
b、 $t_1$  时二氧化碳和一氧化氮的物质的量还在变化，说明正逆反应速率不相等，反应没有达到平衡状态，故 b 错误；

c、 $t_1$  时一氧化氮的质量分数不再变化，表明正逆反应速率相等，达到了平衡状态，故 c 正确；

故答案为：ac；

②由方程式可知反应气体体积增加，增大压强，平衡逆向移动， $\text{NO}_2$  的转化率降低，A、B、C 中，A 点压强最小，所以转化率最高，



	$2\text{NO}_2 \text{ ( g )}$	$+2\text{C ( s )}$	$\rightleftharpoons \text{N}_2 \text{ ( g )}$	$+2\text{CO}_2 \text{ ( g )}$
起始物质的量：	1		0	0
转化物质的量：	2x		x	2x
平衡物质的量：	1-2x		x	2x

即  $K_p(\text{NO}_2) = K_p(\text{CO}_2)$ ,

$$K_p = \frac{P^2(\text{CO}_2)P(\text{N}_2)}{P^2(\text{NO}_2)} = K_p(\text{N}_2) = 10 \text{ MPa} \times \frac{0.25}{0.5 + 0.25 + 0.5} = 2 \text{ MPa} ;$$

(2) ①由亚硝酸的电离平衡常数  $K_a = 5.1 \times 10^{-4}$ ,  $H_2CO_3$  的  $K_{a1} = 4.2 \times 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 5.61 \times 10^{-11}$ , 可判断水解程度大小顺序为  $CO_3^{2-} > NO_2^-$ , 水解生成  $HCO_3^-$ , 所以溶液中  $CO_3^{2-}$  离子、 $HCO_3^-$  离子和  $NO_2^-$  离子的浓度大小关系为  $[HCO_3^-] > [NO_2^-] > [CO_3^{2-}]$ ,

故答案为： $[\text{HCO}_3^-] > [\text{NO}_2^-] > [\text{CO}_3^{2-}]$ ；

②根据溶液 pH 与  $\alpha(\text{S}_2^-)$  关系图 pH=13 时,  $\alpha(\text{S}_2^-)=5.7 \times 10^{-2}$  mol/L, 在  $0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{S}$  溶液中根据硫守恒  $c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) + c(\text{S}_2^-) = 0.10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 所以  $c(\text{H}_2\text{S}) + c(\text{HS}^-) = 0.1 - 5.7 \times 10^{-2} = 0.043 \text{ mol/L}$ ,

故答案为：0.043；

③向 10.00mL0.10mol•L<sup>-1</sup> 的氢硫酸中滴加 10.00mL0.1mol•L<sup>-1</sup>NaOH 溶液恰好反应生成 NaHS 溶液，HS<sup>-</sup> +H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>S+OH<sup>-</sup>，

$$K_h = \frac{c(\text{H}_2\text{S})c(\text{OH}^-)}{c(\text{HS}^-)} = \frac{c(\text{H}_2\text{S})c(\text{OH}^-)}{c(\text{HS}^-)} \times \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_{a1}} = \frac{10^{-14}}{1.3 \times 10^{-7}} = 7.7 \times 10^{-8} >$$

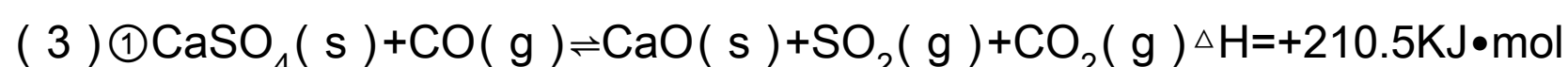
$K_{a2} = 7.1 \times 10^{-15}$ ，说明 HS<sup>-</sup> 离子水解程度大于其电离程度，溶液显碱性，

故答案为：碱；向 10.00 mL 0.10 mol·L<sup>-1</sup> 的氢硫酸中滴加 10.00 mL 0.1 mol·L<sup>-1</sup> NaOH

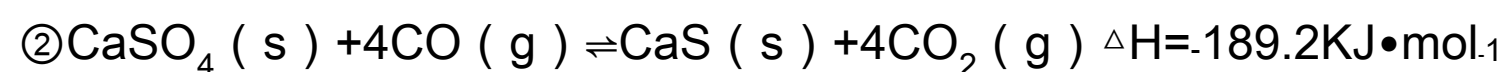
溶液恰好反应生成 NaHS 溶液， $\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{S} + \text{OH}^-$ ，

$$K_h = \frac{c(\text{H}_2\text{S})c(\text{OH}^-)}{c(\text{HS}^-)} = \frac{c(\text{H}_2\text{S})c(\text{OH}^-)}{c(\text{HS}^-)} \times \frac{c(\text{H}^+)}{c(\text{H}^+)} = \frac{K_w}{K_{a1}} = \frac{10^{-14}}{1.3 \times 10^{-7}} = 7.7 \times 10^{-8} >$$

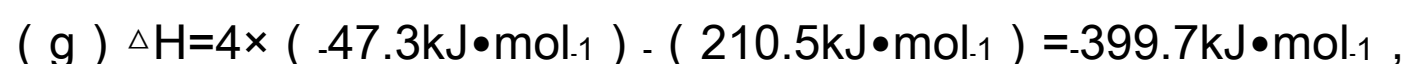
$K_{a2} = 7.1 \times 10^{-15}$ ，说明 HS<sup>-</sup> 离子水解程度大于其电离程度；



②



利用盖斯定律将 ②×4-① 可得  $\text{CaO}(\text{s}) + 3\text{CO}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CaS}(\text{s}) + 3\text{CO}_2$



故答案为：-399.7。

【点评】本题考查物质弱电解质的电离、化学平衡、盐类的水解、沉淀的溶解平衡等，掌握平衡移动原理是解题的关键，是对知识的综合考查，需要学生具有扎实的基础与分析问题、解决问题的能力，题目难度中等。

22. 现有一可导热体积固定的密闭容器 A，和一可导热容积可变的容器 B。关闭  $K_2$ ，将等量且少量的  $\text{NO}_2$  通过  $K_1$ 、 $K_3$  分别充入 A、B 中，反应起始时，A、B 的体积相同。(已知： $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ； $\Delta H < 0$ )

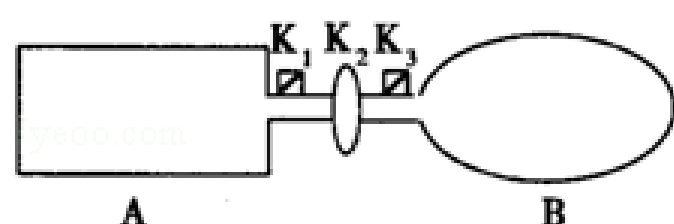
(1) 一段时间后，反应达到平衡，此时 A、B 中生成的  $\text{N}_2\text{O}_4$  的速率是  $V_A$  <  $V_B$ 。(填“>”、“<”、“=”)；若打开活塞  $K_2$ ，气球 B 将 变小 (填：变大、变

小、不变)。

(2) 若在 A、B 中再充入与初始量相等的  $\text{NO}_2$ ，则达到平衡时， $\text{NO}_2$  的转化率  $\alpha_A$  将 增大 (填增大或减小、不变)；若通入等量的 Ne 气，则达到平衡时，A 中  $\text{NO}_2$  的转化率将 不变，B 中  $\text{NO}_2$  的转化率将 变小 (填：变大、变小、不变)。

(3) 室温下，若 A、B 都保持体积不变，将 A 套上一个绝热层，B 与外界可以进行热传递，则达到平衡时，A 中的颜色较深。

(4) 若在容器 A 中充入 4.6g 的  $\text{NO}_2$ ，达到平衡后容器内混合气体的平均相对分子质量为 57.5，则平衡时  $\text{N}_2\text{O}_4$  的物质的量为 0.02mol。



【分析】(1) 容器 A 体积不变，随反应进行，反应混合气体的物质的量减小，容器 A 中压强降低，容器 B 体积可变，压强不变，压强越大，反应速率越快；根据 A 中压强小于 B 中的压强来分析；

(2) 保持容器容积不变，通入一定量的  $\text{NO}_2$ ，等效为增大压强到达的平衡，增大压强平衡向气体体积减小的方向移动，据此判断；保持压强不变，通入氖气使体系的容积增大一倍，反应混合物的浓度降低，相当于为降低压强，平衡向气体体积增大的方向移动；

(3) 该反应为放热反应，A 套上一个绝热层，温度升高，平衡逆向移动， $\text{NO}_2$  的浓度增大；

(4) 先根据公式求出  $n(\text{NO}_2) = \frac{m}{M}$ ，再利用三段式和混合气体的平均相对分子质量求出平衡时  $\text{N}_2\text{O}_4$  的物质的量。

**【解答】**解：(1) 容器 A 中压强降低，容器 B 体压强不变，压强越大，反应速率越快，故  $v(A) < v(B)$ ，A 中压强小于 B 中的压强，打开旋塞 K，气球 B 的压强减小，体积减小，

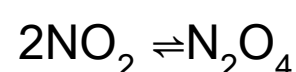
故答案为：<；变小；

(2) 保持容器容积不变，通入一定量的  $\text{NO}_2$ ，等效为增大压强到达的平衡，增大压强平衡向正反应方向移动， $\text{NO}_2$  的转化率将增大，故答案为：增大；

保持压强不变，通入氖气使体系的容积增大一倍，反应混合物的浓度降低，相当于为降低压强，平衡向逆反应方向移动，达到平衡时  $\text{NO}_2$  的转化率减小，故答案为：变小；

(3) 该反应为放热反应，A 套上一个绝热层，温度升高，平衡逆向移动， $\text{NO}_2$  的浓度增大，颜色变深，故答案为：A；

(4) 设参加反应的二氧化氮为  $x\text{mol}$ ， $n(\text{NO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{4.6\text{g}}{46\text{g/mol}} = 0.1\text{mol}$



起始的量：0.1mol      0

反应的量：x               $\frac{x}{2}$

平衡的量：0.1-x           $\frac{x}{2}$

平衡时平均相对分子质量 =  $\frac{4.6}{0.1-x+\frac{x}{2}} = 57.5$ ，所以  $x=0.04\text{mol}$ ，所以平衡时平衡

时  $\text{N}_2\text{O}_4$  的物质的量为： $\frac{x}{2}=0.02\text{mol}$ ，

故答案为：0.02mol。

**【点评】** 本题考查压强、温度、浓度对化学平衡的影响，难度中等，构建平衡建立的等效途径是解题的关键。

23. 在恒温恒容的密闭容器中，当下列物理量不再发生变化时：①混合气体的压强，②混合气体的密度，③混合气体的总物质的量，④混合气体的平均相对分子质量，⑤混合气体的颜色，⑥各反应物或生成物的反应速率之比等于化学计量数之比

(1) 一定能证明  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$  达到平衡状态的是 ①③④

(填序号，下同)。

(2) 一定能证明  $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$  达到平衡状态的是 ⑤。

(3) 一定能证明  $\text{A}(\text{s}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$  达到平衡状态的是 ②④。

**【分析】**根据化学平衡状态的特征解答，当反应达到平衡状态时，正逆反应速率相等，各物质的浓度、百分含量不变，以及由此衍生的一些量也不发生变化，解题时要注意，选择判断的物理量，随着反应的进行发生变化，当该物理量由变化到定值时，说明可逆反应到达平衡状态。

**【解答】**解：(1) 对于反应  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$ ，①混合气体的压强，说明气体的物质的量不变，反应达平衡状态，故正确；②混合气体的密度一直不变，故错误；③混合气体的总物质的量不变，反应达平衡状态，故正确；④混合气体的平均相对分子质量，说明气体的物质的量不变，反应达平衡状态，故正确；⑤混合气体的颜色一直不变，反应达平衡状态，故错误；⑥只要反应发生就有各反应物或生成物的反应速率之比等于化学计量数之比，故错误；

故选：①③④；

(2) 对于反应  $\text{I}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ ，①混合气体的压强一直不变，故错误；②混合气体的密度一直不变，故错误；③混合气体的总物质的量一直不变，故错误；④混合气体的平均相对分子质量一直不变，故错误；⑤混合气体的颜色

说明碘蒸气的浓度不变，反应达平衡状态，故正确；

⑥只要反应发生就有各反应物或生成物的反应速率之比等于化学计量数之比，故错误；故选：⑤；

(3) 对于反应  $A(s) + 2B(g) \rightleftharpoons C(g) + D(g)$ ，①混合气体的压强一直不变，故错误；②混合气体的密度不变，说明气体的质量不变反应达平衡状态，故错误；③混合气体的总物质的量一直不变，故错误；④混合气体的平均相对分子质量不变，说明气体的质量不变，反应达平衡状态，故正确；⑤混合气体的颜色一直不变，故错误；⑥混合气体的颜色说明碘蒸气的浓度不变，反应达平衡状态，故正确；

故选：②④。

【点评】本题考查了化学平衡状态的判断，难度不大，注意当反应达到平衡状态时，正逆反应速率相等，但不为 0。

24. 25℃时，在体积为 2L 的密闭容器中，气态物质 A、B、C 的物质的量  $n(\text{mol})$  随时间  $t$  的变化如图 1 所示，已知达平衡后，降低温度，A 的转化率将增大。

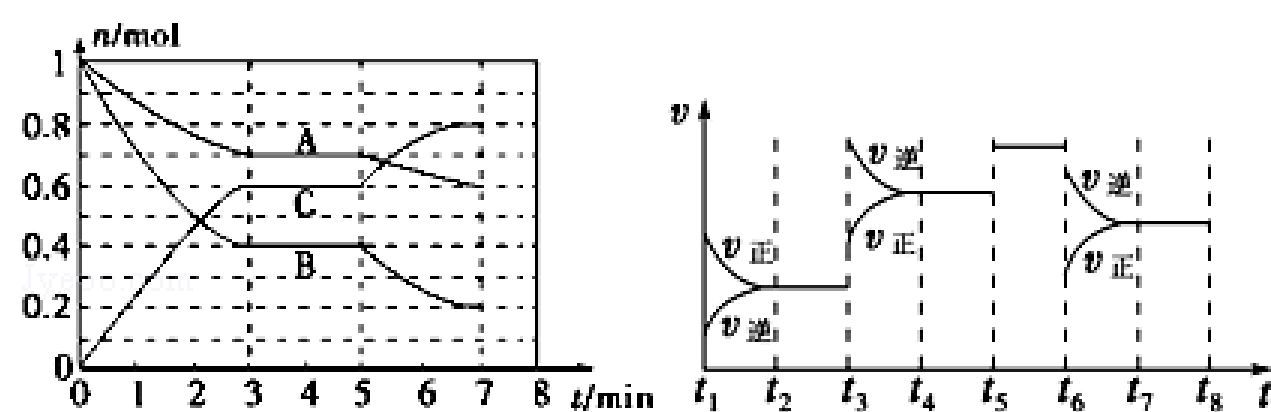


图 1

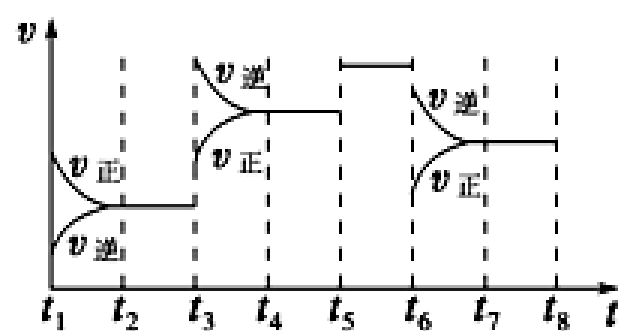


图 2

(1) 根据上图数据，写出该反应的化学方程式： $A + 2B \rightleftharpoons 2C$ ；此反应的

平衡常数表达式  $K = \frac{c^2(C)}{c(A) \cdot c^2(B)}$ ，从反应开始到达第一次平衡时的平均速

率  $v(A)$  为  $0.05 \text{ mol} / (\text{L} \cdot \text{min})$ 。



( 2 ) 在 5 ~ 7min 内 , 若 K 值不变 , 则此处曲线变化的原因是 增大压强 .

( 3 ) 如图 2 表示此反应的反应速率 v 和时间 t 的关系图 , 各阶段的平衡常数如下表所示 :

$t_2-t_3$	$t_4-t_5$	$t_5-t_6$	$t_7-t_8$
$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$

$K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$  之间的关系为  $K_1 > K_2 = K_3 = K_4$  ( 用 “>”、“<”或“=”连接 ). A 的转化率最大的一段时间是  $t_2 \sim t_3$  .

**【分析】**( 1 ) 随反应进行 , 反应物的物质的量减小 , 生成物的物质的量增加 , 由图可知 A、B 为反应物 , C 为生产物 , 且最后 A、B 的物质的量不为 0 , 为可逆反应 , 根据物质的量之比等于化学计量数之比书写方程式 ;

平衡常数为生成物浓度的化学计量数次幂的乘积除以各反应物浓度的化学计量数次幂的乘积所得的比值 ;

根据  $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$  计算  $v(A)$  ;

( 2 ) K 值不变 , 温度不变 , 由图 1 可知 , 5min 时各组分的物质的量不变 , 且平衡向正反应移动 , 只能改变压强 ;

( 3 ) 降低温度 , A 的转化率将增大 , 反应向正反应进行 , 所以正反应为放热反应 , 再结合反应前后气体体积变化分析 ;

$t_3$  时刻 , 正逆反应速率都增大 , 且逆反应速率变化大 , 平衡向逆反应移动 ;

$t_6$  时刻 , 正逆反应速率都减小 , 且正反应速率变化大 , 平衡向逆反应移动 .

**【解答】**解 : ( 1 ) 由图 1 可知 , A、B 为反应物 , C 为生产物 , 且最后 A、B 的物质的量不为 0 , 为可逆反应 , 3min 时  $\Delta n(A) : \Delta n(B) : \Delta n(C) = (1-0.7) \text{ mol} : (1-0.4) \text{ mol} : 0.6 \text{ mol} = 1 : 2 : 2$  , 物质的量之比等于化学计量数之比 , 所

以反应方程式为  $A+2B \rightleftharpoons 2C$  ；

平衡常数为生成物浓度的化学计量数次幂的乘积除以各反应物浓度的化学计量

数次幂的乘积所得的比值，所以  $K = \frac{c^2(C)}{c(A) \cdot c^2(B)}$  ；

从反应开始到达第一次平衡时的平均速率  $v(A) = \frac{(1-0.7)\text{mol}}{\frac{2\text{L}}{3\text{min}}} = 0.05\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ ，

故答案为： $A+2B \rightleftharpoons 2C$ ； $\frac{c^2(C)}{c(A) \cdot c^2(B)}$ ； $0.05\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{min})$ ；

(2) K 值不变，温度不变，由图 1 可知，5min 时各组分的物质的量不变，且平衡向正反应移动，只能改变压强，由反应为前后气体体积减小的反应，故应增大压强，

故答案为：增大压强；

(3)  $t_3$  时刻，正逆反应速率都增大，且逆反应速率变化大，平衡向逆反应移动，应为升高温度，所以  $K_1 > K_2$ ；

$t_6$  时刻，正逆反应速率都减小，且正反应速率变化大，平衡向逆反应移动；应为降低压强，所以  $K_3 = K_4$ ；

$t_5 \sim t_6$  正逆速率都增大，平衡不移动，应是使用催化剂，k 不变，所以  $K_2 = K_3$ ，所以  $K_1 > K_2 = K_3 = K_4$ ，所以  $t_2 \sim t_3$  段 A 的转化率最高，

故答案为： $K_1 > K_2 = K_3 = K_4$ ； $t_2 \sim t_3$ 。

【点评】本题考查化学平衡移动图象题，题目难度较大，注意从图 2 判断各阶段的影响因素，此为解答该题的关键。

25. 一定温度下，反应  $3\text{Fe}(s) + 4\text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4(s) + 4\text{H}_2(g)$ ，在一密



---

闭容器中进行达平衡后，试回答：

(1) 增加 Fe 的物质的量，其正反应速率 B (A. 变快 B. 不变 C 变慢，前 4 问填字母代号)。

(2) 将容器的体积缩小一半，其正反应速率 A，逆反应速率 A。

(3) 若保持体积不变，充入 Ar，其逆反应速率 B。

(4) 保持压强不变，充入 Ar，其正反应速率 C。

(5) 保持压强不变，充入 Ar，该反应向 不移 方向移动。(填正移、逆移或不移)

**【分析】**影响化学反应速率的因素有以下几方面，温度越高，反应越快；物质间的接触面积越充分，反应速度越快；反应物颗粒的大小，颗粒越小，反应速度越快；通常反应物的浓度越大，反应速度越快，加入催化剂可以改变其反应速率等。

注意：1、浓度对化学反应速率的影响适用范围是溶液或气体。

2、压强对化学反应速率的影响是通过改变物质的浓度影响的。

3、温度对化学反应速率的影响适用于所有化学反应，无论该反应是放热反应还是吸热反应。

**【解答】**解：(1) 因铁是固体，增加铁的量，没有增加铁的浓度，所以不能改变反应速率，其正反应速率不变，

故答案为：B；

(2) 容器的体积缩小，容器内各物质的浓度都增大，浓度越大，化学反应速率越快，所以其正反应速率、逆反应速率都变快，

故答案为：A；A；

(3) 体积不变，充入 Ar，使体系压强增大，但各物质的浓度不变，所以反应速

率不变，即其逆反应速率不变，

故答案为：B；

(4) 压强不变，充入 Ar 使容器的体积增大，但各物质的浓度都减小，浓度越小，反应速率越小，其正反应速率变慢，

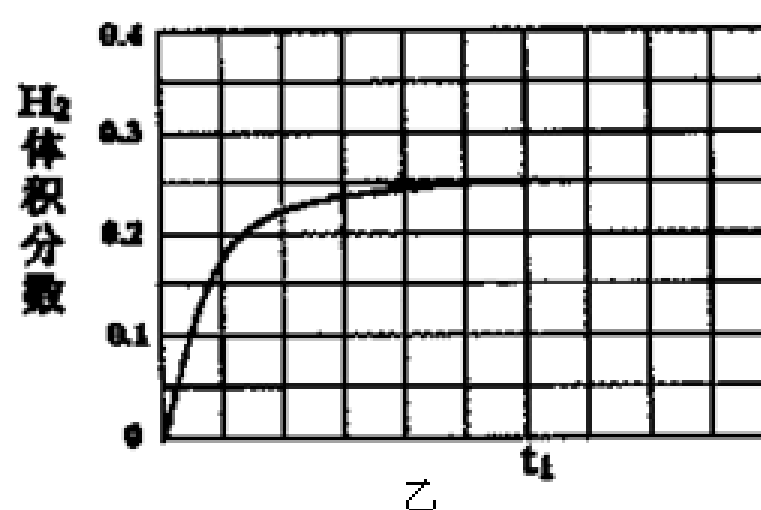
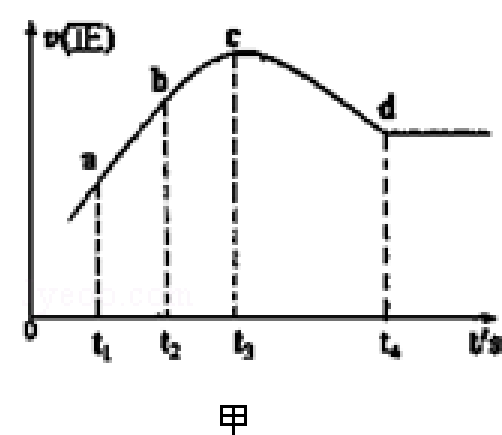
故答案为：C；

(5) 该反应前后气体的体积不变，保持压强不变，充入 Ar，体积增大，各物质的浓度都减小，但正逆反应同等程度减小，平衡不移动，

故答案为：不移。

【点评】本题综合考查了影响化学反应的速率外在因素、化学平衡移动等知识，可以从温度、物质间的接触面积，反应物颗粒的大小，反应物的浓度及催化剂等方面作出回答，注意反应前后气体的体积不变的反应，改变压强，平衡不移动，题目难度不大。

26. 2013 年雾霾天气多次肆虐我国中东部地区。其中汽车尾气和燃煤尾气是造成空气污染的原因之一。



(1) 汽车尾气净化的主要原理为：



①对于气相反应，用某组分 (B) 的平衡压强 (PB) 代替物质的量浓度 (CB)

也可以表示平衡常数 ( 记作  $K_p$  ), 则该反应的  $K_p = \frac{P^2(\text{CO}_2)P(\text{N}_2)}{P^2(\text{NO})P^2(\text{CO})}$  .

②该反应在低温下能自发进行, 该反应的  $\Delta H$  < 0 . ( 选填“>”、“<” )

③在某一绝热、恒容的密闭容器中充入一定量的 NO、CO 发生上述反应, 测得正反应的速率随时间变化的曲线如图甲所示 ( 已知:  $t_2 - t_1 = t_3 - t_2$  ). 则下列说法不正确的是 D . ( 填编号 )

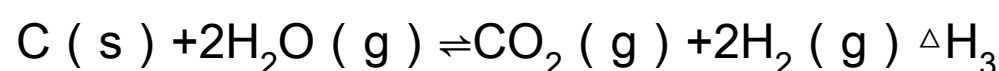
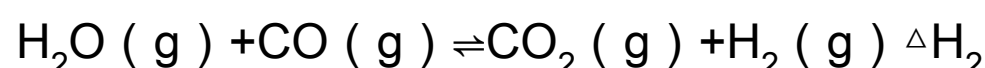
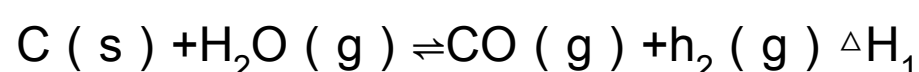
A . 反应在 c 点未达到平衡状态

B . 反应速率 a 点小于 b 点

C . 反应物浓度 a 点大于 b 点

D . NO 的转化率:  $t_1 \sim t_2 > t_2 \sim t_3$

( 2 ) 煤的综合利用、使用清洁能源等有利于减少环境污染. 合成氨工业原料气的来源之一水煤气法, 在催化剂存在条件下有下列反应:



①  $\Delta H_3$  和  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$  的关系为  $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$  .

②在恒温条件下, 将 1mol CO 和 1mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  充入某固定容积的反应容器, 达到平衡时有 50% 的 CO 转化为  $\text{CO}_2$ . 在  $t_1$  时保持温度不变, 再充入 1mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ , 请在图乙中画出  $t_1$  时刻后  $\text{H}_2$  的体积分数变化趋势曲线.

③甲醇汽油可以减少汽车尾气对环境的污染. 某化工厂用水煤气为原料合成甲醇, 恒温条件下, 在体积可变的密闭容器中发生反应:  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ , 到达平衡时, 测得 CO、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_3\text{OH}$  分别为 1mol、1mol、1mol, 容器的体积为 3L, 现往容器中继续通入 3mol CO, 此时  $v(\text{正})$  =  $v(\text{逆})$  ( 选

填“>”、“<”或“=”), 判断的理由 往容器中继续通入 3molCO 后, 容器的体积

变为 6L,  $Q = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{4}{6} \times (\frac{1}{6})^2} = 9 = k$ , 故平衡不移动,  $v(\text{正}) = v(\text{逆})$ .

【分析】(1) ①根据  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  判断,  $\Delta G < 0$ , 反应自发进行;

②将化学平衡常数中的浓度  $c$  换成压强  $P$  就可以得到  $K_p$ ;

③c 点反应速率还再变化, 而不是固定不变, 只有不再随时间的变化而变化, 才是平衡状态; 经分析该反应是放热反应, 反应刚开始时温度升高对正反应速率的影响大于浓度减小对正反应速率的影响, 所以图象开始阶段反应速率逐渐增大; 随着反应的进行, 反应物的浓度逐渐减小; NO 的转化量, 看  $t_1 \sim t_2$  段  $< t_2 \sim t_3$  段的斜率大小判断.

(2) ①根据盖斯定律可知  $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ ;

②图象的起点为  $\frac{1}{6}$ , 终点为  $\frac{2}{9}$ ;

(3) 该温度下反应的平衡常数  $k = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}) c^2(\text{H}_2)} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{3} \times (\frac{1}{3})^2} = 9$ ; 往容器中继

续通入 3mol CO 后, 容器的体积变为 6L,  $Q = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{4}{6} \times (\frac{1}{6})^2} = 9 = k$ , 故平衡不移动,

$v(\text{正}) = v(\text{逆})$ .

【解答】解: (1) ①  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ , 对于气相反应, 用某组分 (B) 的平衡压强 ( $p_B$ ) 代替物质的量浓度也可以表示平衡常

数 (记作  $K_p$ ), 反应的平衡常数  $= \frac{P^2(\text{CO}_2) P(\text{N}_2)}{P^2(\text{NO}) P^2(\text{CO})}$ ; ②由热化学反应方程式可知,

该反应为熵减小过程, 即  $\Delta S > 0$ , 要使反应在低温下能够自发进行, 必须满足  $\Delta$

$G = \Delta H - T\Delta S < 0$ , 可知反应放热  $\Delta H < 0$ ,

故答案为：<；

③A．根据图象可知 c 点反应速率还再变化，因此不是平衡状态，故 A 正确；

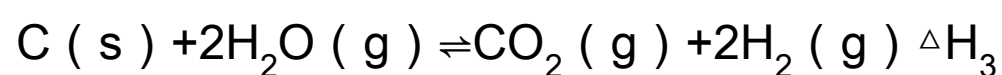
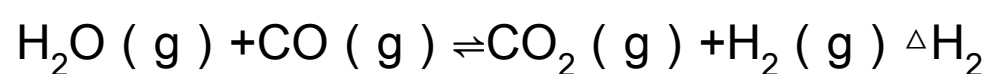
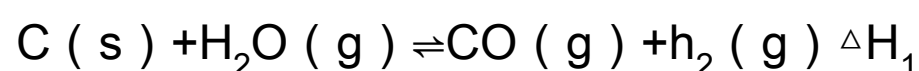
B．反应刚开始时温度升高对正反应速率的影响大于浓度减小对正反应速率的影响，开始阶段反应速率逐渐增大，反应速率 a 点小于 b 点，故 B 正确；

C．随着反应的进行，反应物的浓度逐渐减小，所以 a 点反应物的浓度大于 b 点，故 C 正确；

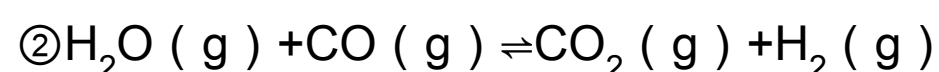
D．根据曲线的斜率： $t_1 \sim t_2$  段  $< t_2 \sim t_3$  段，可知  $t_2 \sim t_3$  段反应速率快，反应物的转化率大，故 D 错误。

故答案为：D；

(2) 下列反应：



①根据盖斯定律可知  $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ ，故答案为  $\Delta H_1 + \Delta H_2$ ；



起始量	1	1	0	0
-----	---	---	---	---

转化量	0.5	0.5	0.5	0.5
-----	-----	-----	-----	-----

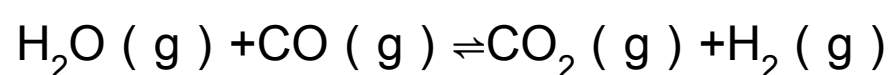
平衡量	0.5	0.5	0.5	0.5
-----	-----	-----	-----	-----

平衡常数  $k=1$ ；

有 50% 的 CO 转化为  $\text{CO}_2$ ；则  $n(\text{H}_2) = n(\text{CO})_{\text{转化}} = 0.5\text{mol}$ ，刚充入  $1\text{mol H}_2\text{O}$

时氢气的体积分数为  $\frac{0.5}{3} = \frac{1}{6}$ ；

但是平衡向右移动，设达新平衡时氢气的物质的量为  $x$ ，



$$2 \qquad 1 \qquad 0 \qquad 0$$

$$x \qquad x \qquad x \qquad x$$

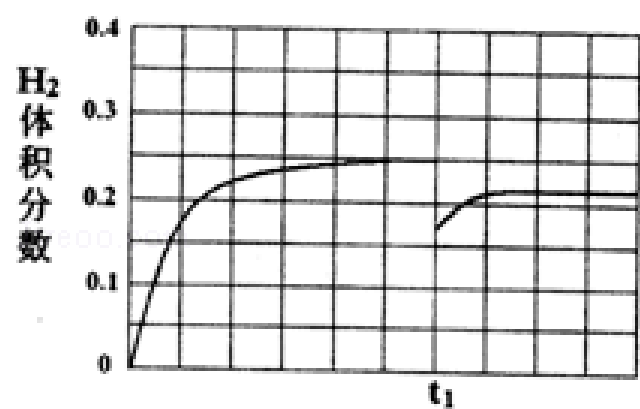
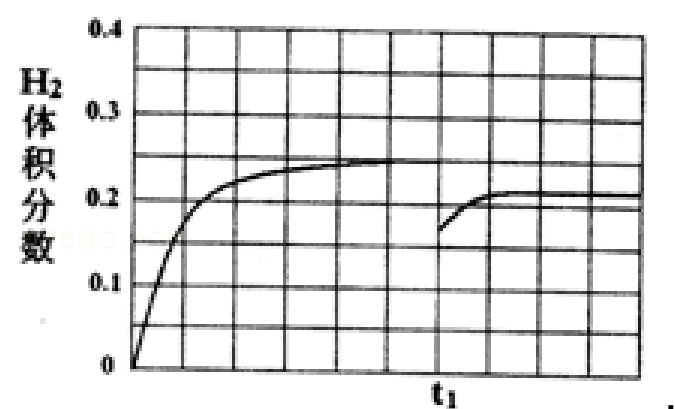
$$2-x \qquad 1-x \qquad x \qquad x$$

$$K = \frac{x^2}{(2-x)(1-x)} = 1$$

$$x = \frac{2}{3}$$

新平衡时氢气的体积分数为  $\frac{\frac{2}{3}}{3} = \frac{2}{9}$ ；

故图象的起点为  $\frac{1}{6}$ ，终点为  $\frac{2}{9}$ ； $t_1$  时刻后  $\text{H}_2$  的体积分数变化趋势曲线为



故答案为：

(3) 该温度下反应的平衡常数  $K = \frac{c(\text{CH}_3\text{OH})}{c(\text{CO}) c^2(\text{H}_2)} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{3} \times (\frac{1}{3})^2} = 9$ ；往容器中继续

通入 3mol CO 后，容器的体积变为 6L， $Q = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{4}{6} \times (\frac{1}{6})^2} = 9 = K$ ，故平衡不移动， $v$

(正) =  $v$  (逆)，故答案为：=；往容器中继续通入 3mol CO 后，容器的体积

变为 6L,  $Q = \frac{\frac{1}{6}}{\frac{4}{6} \times (\frac{1}{6})^2} = 9 = k$ , 故平衡不移动,  $v(\text{正}) = v(\text{逆})$ .

【点评】本题考查了盖斯定律求焓变、化学平衡影响因素, 化学反应速率, 平衡常数概念计算应用, 注意平衡的条件分析是解题关键, 题目难度中等.

27. 氮及其化合物在工农业生产、生活中有重要作用. 请按要求回答下列相关问题:

(1) 食品添加剂铵明矾  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  高温可分解, 下列关于其分解产物的预测不合理的是 C.

A.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

B.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

C.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

D.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$

(2) 汽车发动机工作时也会引发  $\text{N}_2$  和  $\text{O}_2$  反应产生大气污染物  $\text{NO}$ , 其能量变化示意图如图 1 则该反应的热化学方程式为  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g}) \Delta H = +183.8\text{kJ/mol}$ .

(3) 工业合成氨的反应:  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g}) \Delta H < 0$ , 分别在  $T_1$ 、 $T_2$  温度下, 改变起始氢气物质的量, 测得平衡时氨的体积分数如图 2 所示:

①比较在 m、n、q 三点所处的平衡状态中, 反应物  $\text{N}_2$  的转化率最高的是 P 点.

② $T_2$  条件下, 在 2L 的密闭容器中, 充入  $x \text{ mol } \text{N}_2$  和  $y \text{ mol } \text{H}_2$  时, 3min 达平衡, 此时反应物的转化率均为 a, 写出下列仅含 a、x 的表达式 (不必化简):  $v(\text{N}_2)$

$= \frac{xa}{6} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ; 该反应的平衡常数的值  $K = \frac{16(xa)^2}{(x-xa)(3x-3xa)^3}$ .

③图象中  $T_2$  低于  $T_1$  (填“高于”、“低于”、“等于”或“无法确定”).

④科学家采用高质子导电性的 SCY 陶瓷 (能传递  $\text{H}^+$ ) 实现氨的电化学合成,



这提高了氮气和氢气的转化率 .写出电化学合成过程中发生还原反应的电极方程

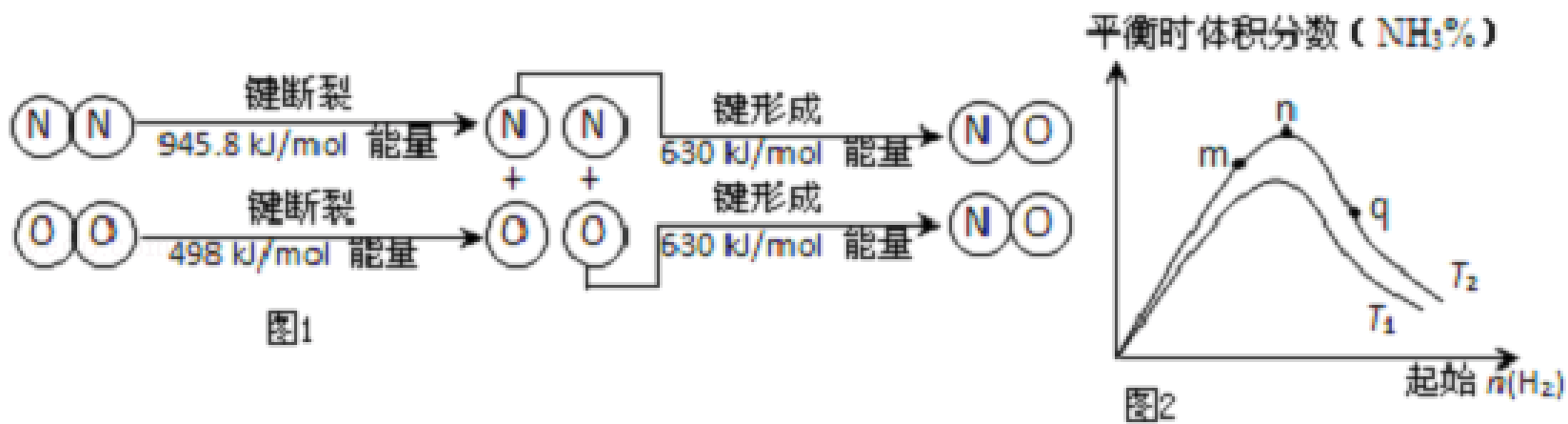
式： $\text{N}_2+6\text{H}^++6\text{e}^-=2\text{NH}_3$  .

( 4 ) 将质量相等的四份铁粉和铜粉的均匀混合物，分别加入同浓度稀硝酸充分反应，( 假设硝酸的还原产物只有 NO ) 实验数据如下表：

编 号	①	②	③	④
稀硝酸体积/mL	100mL	200mL	300mL	400mL
剩余金属/g	18.0g	9.6g	0	0
NO 体积/L ( 标准状况下 )	2.24L	4.48L	6.72L	V

下列有关分析推断正确的是 AC .

- A . 硝酸起始浓度为 4mol/L
- B . ①中溶解了 5.6g Fe
- C . ③中  $n(\text{Cu}^{2+})=0.15\text{mol}$
- D . ④中  $V=6.72\text{L}$



- 【分析】( 1 ) 根据反应前后元素化合价变化情况是否合理来分析；
- ( 2 ) 根据能量变化图计算反应热，反应热=吸收的总能量-放出的总能量，再根据热化学方程式的书写规则书写；
- ( 3 ) ①根据平衡转化率的判断，两种或两种以上的反应物，增加其中一种物质的物质的量，提高另外一种物质的转化率，自身的转化率降低；



②利用三段式结合化学反应速率  $v = \frac{\Delta c}{\Delta t}$  ,  $K = \frac{c(\text{NH}_3)^2}{c(\text{N}_2)c^3(\text{H}_2)}$  进行计算 ;

③根据升高温度 , 平衡向吸热方向移动 , 降低温度 , 平衡向放热方向移动判断 ;

④有氧化还原知识判断反应物和生成物 , 根据化合价变化确定得电子数目 , 根据反应所处的介质补  $\text{H}^+$  ;

( 4 ) 由表中数据可知 , 实验①②都有金属剩余 , 则溶液中不可能含有硝酸铁 , 溶液中金属离子为 +2 价 , 在实验①的基础上加入 100mL 硝酸 , 参加反应的金属的质量为  $18\text{g} - 9.6\text{g} = 8.4\text{g}$  , 生成 NO 的体积为  $4.48\text{L} - 2.24\text{L} = 2.24\text{L}$  , NO 物质的量为  $0.1\text{mol}$  , 根据电子转移守恒可知 , 参加反应金属的物质的量为  $\frac{0.1\text{mol} \times (5-2)}{2} = 0.15\text{mol}$  , 参加反应金属的平均摩尔质量为  $\frac{8.4\text{g}}{0.15\text{mol}} = 56\text{g/mol}$  ,

故该过程只有 Fe 参加反应 , 故实验①、②只有 Fe 参与反应 ;

在实验②的基础上加入 100mL 硝酸 , 参加反应的金属的质量为  $9.6\text{g}$  , 生成 NO 的体积为  $6.72\text{L} - 4.48\text{L} = 2.24\text{L}$  , NO 物质的量为  $0.1\text{mol}$  , 若该过程只有 Cu 参加反应 , 根据电子转移守恒 , 则 Cu 的物质的量  $= \frac{0.1\text{mol} \times (5-2)}{2} = 0.15\text{mol}$  , Cu 的

质量  $= 0.15\text{mol} \times 64\text{g/mol} = 9.6\text{g}$  , 等于参加反应金属的质量 , 故该过程只有 Cu 反应 , 且 Cu 恰好完全反应 , 所以加入 200mL 硝酸时 Fe 恰好反应生成硝酸亚铁 ;

在实验③的基础上再加入 100mL 硝酸 , 为硝酸与溶液中亚铁离子反应生成 NO , 根据亚铁离子的物质的量 , 利用电子转移守恒计算该阶段生成 NO 的物质的量 , 进而计算 V 的值 .

【解答】解 : ( 1 ) A、生成  $\text{N}_2$  , N 元素化合价升高了 , 生成  $\text{SO}_2$  , S 元素化合价降低了 , 符合氧化还原反应原理 , 预测合理 , 故 A 正确 ;

B、生成  $\text{NH}_3$ 、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  均没有化合价变化 , 为非氧化还原反应 , 预测合理 , 故 B 正确 ;

C、生成  $\text{SO}_2$ ，S 元素化合价降低，生成  $\text{SO}_3$ ，没有元素化合价的升高，不符合氧化还原反应原理，预测不合理，故 C 错误；

D、既有元素化合价的升高又有元素化合价的降低，预测合理，故 D 正确。

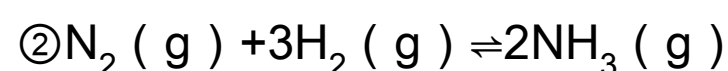
故选：C；

(2) 根据题意写出对应的方程式： $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g})$   $\Delta H = \text{吸收的总能量} - \text{放出的总能量} = 945.8\text{KJ/mol} + 498\text{KJ/mol} - 2 \times 630\text{KJ/mol} = 183.8\text{KJ/mol}$ ，

故答案为： $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{NO}(\text{g})$   $\Delta H = +183.8\text{ kJ/mol}$ ；

(3) ①根据平衡转化率的判断，两种或两种以上的反应物，增加其中一种物质的物质的量，提高另外一种物质的转化率，自身的转化率降低，故  $\text{H}_2$  的物质的量越大， $\text{N}_2$  的转化率越高，所以 P 点的转化率最高；

故答案为：P；



$$\text{起始浓度: } \frac{x}{2} \quad \frac{y}{2} \quad 0$$

$$\text{变化浓度: } \frac{xa}{2} \quad \frac{3xa}{2} \quad xa$$

$$\text{平衡浓度: } \frac{x-xa}{2} \quad \frac{y-3xa}{2} \quad xa$$

因为反应物的转化率均为  $a$ ，所以  $y=3x$ ，

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{xa}{6} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$K = \frac{c(\text{NH}_3)^2}{c(\text{N}_2)c^3(\text{H}_2)} = \frac{(xa)^2}{\frac{(x-xa)}{2} \times \frac{(y-3xa)^3}{8}} = \frac{16(xa)^2}{(x-xa)(3x-3xa)^3}$$

$$\text{故答案为: } \frac{xa}{6} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}; \frac{16(xa)^2}{(x-xa)(3x-3xa)^3};$$

③(垂直于  $x$  轴作一条辅助线，选择  $\text{H}_2$  的物质的量相同的，温度不同的两个点)

假设  $T_2 > T_1$ ，升高温度有  $T_1$  到  $T_2$ ，该反应是放热反应，

温度升高平衡逆向移动， $\text{NH}_3\%$ 减小，与图象所示相反，故假设错了，应该是 $T_1 > T_2$ ；

故答案为：低于；

④由题意可知：写出电化学合成过程中发生还原反应，是化合价升高的反应，从总方程式可知， $\text{N}_2$ 到 $\text{NH}_3$ ，2个0价的N到2个-3价的N得到6个电子，根据题目中告诉传导 $\text{H}^+$ ，故根据电荷守恒，式子左边不 $6\text{H}^+$ ，得电极反应式为 $\text{N}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 2\text{NH}_3$ ，故答案为： $\text{N}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 2\text{NH}_3$ ；

(4) A、实验①中生成硝酸亚铁 $0.15\text{mol}$ ， $\text{NO}$ 是 $0.1\text{mol}$ ，实验根据氮原子守恒可知，参加反应的硝酸是 $0.15\text{mol} \times 2 + 0.1\text{mol} = 0.4\text{mol}$ ，所以稀硝酸的浓度是 $0.4\text{mol} \div 0.1\text{L} = 4\text{mol/L}$ ，故A正确；

B、铁的金属性强于铜，所以稀硝酸首先氧化单质铁，然后再氧化单质铜。由表中数据可知，实验①②中金属均过量，所以铁的氧化产物是硝酸亚铁。实验②比实验①多溶解了 $18.0\text{g} - 9.6\text{g} = 8.4\text{g}$ 金属，而还原产物 $\text{NO}$ 多了 $4.48\text{L} - 2.24\text{L} = 2.24\text{L}$ ，即物质的量是 $0.1\text{mol}$ ，转移 $0.1\text{mol} \times (5-2) = 0.3\text{mol}$ 。所以 $8.4\text{g}$ 金属也转移 $0.3\text{mol}$ 电子，因此金属的相对原子质量 $= 8.4 \div (0.3 \div 2) = 56$ ，这说明溶解的金属恰好是铁，因此实验①中也恰好溶解了 $8.4\text{g}$ 铁，故B错误；

C、实验③比实验②多溶解了 $9.6\text{g}$ 金属，多生成的 $\text{NO}$ 是 $6.72\text{L} - 4.48\text{L} = 2.24\text{L}$ ，物质的量是 $0.1\text{mol}$ ，转移 $0.1\text{mol} \times (5-2) = 0.3\text{mol}$ 。如果 $9.6\text{g}$ 金属恰好是铜，则移电子 $\frac{9.6\text{g}}{64\text{g/mol}} \times 2 = 0.3\text{mol}$ ，这说明 $9.6\text{g}$ 金属就是 $\text{Cu}$ ， $n(\text{Cu}^{2+}) = \frac{0.3\text{mol}}{2} = 0.15\text{mol/L}$ ，故C正确；

D、实验③中，金属去不溶解，但由于溶液中含有 $\text{Fe}^{2+}$ ，所以继续加入硝酸或继续产生 $\text{NO}$ ，④中 $V > 6.72\text{L}$ ，故D错误。

---

故答案为：AC。

【点评】本题目为综合性题目，考查了热化学方程式的书写，化学平衡的三段式计算，影响化学平衡转化率的因素及给定条件下电极反应式的书写（注意反应的酸碱介质问题）。特别是第（4）题，本题考查混合物的有关计算，根据表中数据判断各阶段发生的反应是解题关键，侧重对学生综合能力的考查，本题过程复杂、计算量较大，为易错题目，难度较大。