

专题 06 反应速率、化学平衡与能量变化

【2022 年】

1. (2022·浙江卷) 标准状态下, 下列物质气态时的相对能量如下表:

物质(g)	O	H	HO	HOO	H ₂	O ₂	H ₂ O ₂	H ₂ O
能量/kJ·mol ⁻¹	249	218	39	10	0	0	-136	-242

可根据 $\text{HO(g)} + \text{HO(g)} = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$ 计算出 H_2O_2 中氧氧单键的键能为 $214\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。下列说法不正确的是 A. H_2 的键能为 $436\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

B. O_2 的键能大于 H_2O_2 中氧氧单键的键能的两倍

C. 解离氧氧单键所需能量: $\text{HOO} < \text{H}_2\text{O}_2$

D. $\text{H}_2\text{O(g)} + \text{O(g)} = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -143\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

【答案】C

【解析】A. 根据表格中的数据可知, H_2 的键能为 $218 \times 2 = 436\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, A 正确;

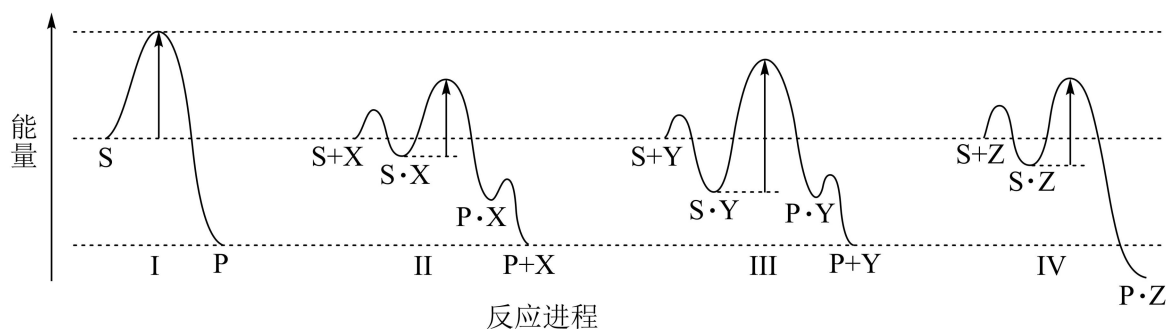
B. 由表格中的数据可知 O_2 的键能为: $249 \times 2 = 498\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 由题中信息可知 H_2O_2 中氧氧单键的键能为 $214\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, 则 O_2 的键能大于 H_2O_2 中氧氧单键的键能的两倍, B 正确;

C. 由表格中的数据可知 $\text{HOO} = \text{HO} + \text{O}$, 解离其中氧氧单键需要的能量为 $249 + 39 - 10 = 278\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, H_2O_2 中氧氧单键的键能为 $214\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, C 错误;

D. 由表中的数据可知 $\text{H}_2\text{O(g)} + \text{O(g)} = \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H = -136 - 249 - (-242) = -143\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, D 正确;

故选 C

2. (2022·湖南卷) 反应物(S)转化为产物(P 或 P·Z)的能量与反应进程的关系如下图所示:



下列有关四种不同反应进程的说法正确的是

A. 进程I是放热反应

B. 平衡时 P 的产率: $\text{II} > \text{I}$

C. 生成 P 的速率: III>II

D. 进程IV中, Z 没有催化作用

【答案】AD

【解析】A. 由图中信息可知, 进程I中 S 的总能量大于产物 P 的总能量, 因此进程 I 是放热反应, A 说法正确;

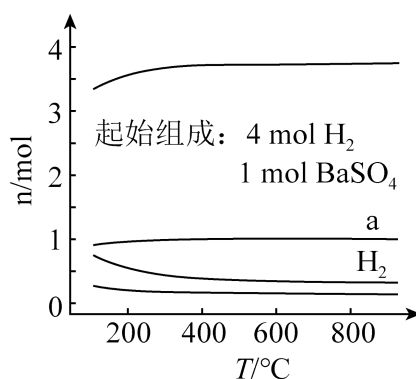
B. 进程II中使用了催化剂 X, 但是催化剂不能改变平衡产率, 因此在两个进程中平衡时 P 的产率相同, B 说法不正确;

C. 进程III中由 S·Y 转化为 P·Y 的活化能高于进程II中由 S·X 转化为 P·X 的活化能, 由于这两步反应分别是两个进程的决速步骤, 因此生成 P 的速率为III<II, C 说法不正确;

D. 由图中信息可知, 进程IV中 S 吸附到 Z 表面生成 S·Z, 然后 S·Z 转化为产物 P·Z, 由于 P·Z 没有转化为 P+Z, 因此, Z 没有表现出催化作用, D 说法正确;

综上所述, 本题选 AD。

3. (2022·广东卷) 恒容密闭容器中, $\text{BaSO}_4(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{BaS}(\text{s}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 在不同温度下达平衡时, 各组分的物质的量(n)如图所示。下列说法正确的是



A. 该反应的 $\Delta H < 0$

B. a 为 $n(\text{H}_2\text{O})$ 随温度的变化曲线

C. 向平衡体系中充入惰性气体, 平衡不移动

D. 向平衡体系中加入 BaSO_4 , H_2 的平衡转化率增大

【答案】C

【解析】A. 从图示可以看出, 平衡时升高温度, 氢气的物质的量减少, 则平衡正向移动, 说明该反应的正反应是吸热反应, 即 $\Delta H > 0$, 故 A 错误;

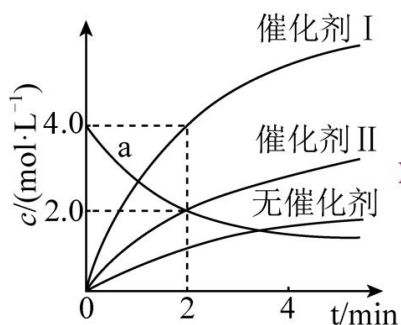
B. 从图示可以看出, 在恒容密闭容器中, 随着温度升高氢气的平衡时的物质的量减少, 则平衡随着温度升高正向移动, 水蒸气的物质的量增加, 而 a 曲线表示的是物质的量不随温度变化而变化, 故 B 错误;

C. 容器体积固定, 向容器中充入惰性气体, 没有改变各物质的浓度, 平衡不移动, 故 C 正确;

D. BaSO_4 是固体, 向平衡体系中加入 BaSO_4 , 不能改变其浓度, 因此平衡不移动, 氢气的转化率不变, 故 D 错误;

故选 C。

4. (2022·广东卷) 在相同条件下研究催化剂 I、II 对反应 $\text{X} \rightarrow 2\text{Y}$ 的影响, 各物质浓度 c 随反应时间 t 的部分变化曲线如图, 则



A. 无催化剂时, 反应不能进行

B. 与催化剂 I 相比, II 使反应活化能更低

C. a 曲线表示使用催化剂 II 时 X 的浓度随 t 的变化

D. 使用催化剂 I 时, 0~2min 内, $v(\text{X}) = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

【答案】D

【解析】A. 由图可知, 无催化剂时, 随反应进行, 生成物浓度也在增加, 说明反应也在进行, 故 A 错误;

B. 由图可知, 催化剂 I 比催化剂 II 催化效果好, 说明催化剂 I 使反应活化能更低, 反应更快, 故 B 错误;

C. 由图可知, 使用催化剂 II 时, 在 0~2min 内 Y 的浓度变化了 2.0 mol/L , 而 a 曲线表示的 X 的浓度变化了 2.0 mol/L , 二者变化量之比不等于化学计量数之比, 所以 a 曲线不表示使用催化剂 II 时 X 浓度随时间 t 的变化, 故 C 错误;

D. 使用催化剂 I 时, 在 0~2min 内, Y 的浓度变化了 4.0 mol/L , 则 $v(\text{Y}) = \frac{\Delta c(\text{Y})}{\Delta t} = \frac{4.0 \text{ mol/L}}{2 \text{ min}} = 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,

$v(\text{X}) = \frac{1}{2} v(\text{Y}) = \frac{1}{2} \times 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 故 D 正确;

答案选 D。

5. (2022·浙江卷) 恒温恒容的密闭容器中, 在某催化剂表面上发生氨的分解反应: $2\text{NH}_3(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{催化剂}} \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$,

测得不同起始浓度和催化剂表面积下氨浓度随时间的变化, 如下表所示, 下列说法不正确的是

编号	$c(\text{NH}_3)/(10^{-3}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	时间/min				
	表面积/ cm^2	0	20	40	60	80
①	a	2.40	2.00	1.60	1.20	0.80
②	a	1.20	0.80	0.40	x	
③	$2a$	2.40	1.60	0.80	0.40	0.40

- A. 实验①, $0 \sim 20\text{min}$, $v(\text{N}_2)=1.00 \times 10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
- B. 实验②, 60min 时处于平衡状态, $x \neq 0.40$
- C. 相同条件下, 增加氨气的浓度, 反应速率增大
- D. 相同条件下, 增加催化剂的表面积, 反应速率增大

【答案】C

【解析】A. 实验①中, $0 \sim 20\text{min}$, 氨气浓度变化量为 $2.40 \times 10^{-3}\text{mol/L} - 2.00 \times 10^{-3}\text{mol/L} = 4.00 \times 10^{-4}\text{mol/L}$,

$$v(\text{NH}_3) = \frac{4.00 \times 10^{-4}\text{mol/L}}{20\text{min}} = 2.00 \times 10^{-5}\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min}), \text{ 反应速率之比等于化学计量数之比,}$$

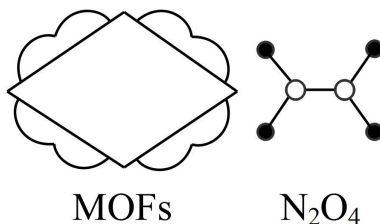
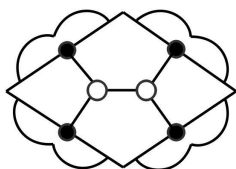
$$v(\text{N}_2) = \frac{1}{2} v(\text{NH}_3) = 1.00 \times 10^{-5}\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{min}), \text{ A 正确;}$$

B. 催化剂表面积大小只影响反应速率, 不影响平衡, 实验③中氨气初始浓度与实验①中一样, 实验③达到平衡时氨气浓度为 $4.00 \times 10^{-4}\text{mol/L}$, 则实验①达平衡时氨气浓度也为 $4.00 \times 10^{-4}\text{mol/L}$, 而恒温恒容条件下, 实验②相对于实验①为减小压强, 平衡正向移动, 因此实验② 60min 时处于平衡状态, $x < 0.4$, 即 $x \neq 0.4$, B 正确;

C. 实验①、实验②中 $0 \sim 20\text{min}$ 、 $20\text{min} \sim 40\text{min}$ 氨气浓度变化量都是 $4.00 \times 10^{-4}\text{mol/L}$, 实验②中 60min 时反应达到平衡状态, 实验①和实验②催化剂表面积相同, 实验①中氨气初始浓度是实验②中氨气初始浓度的两倍, 实验① 60min 时反应未达到平衡状态, 相同条件下, 增加氨气浓度, 反应速率并没有增大, C 错误;

D. 对比实验①和实验③, 氨气浓度相同, 实验③中催化剂表面积是实验①中催化剂表面积的 2 倍, 实验③先达到平衡状态, 实验③的反应速率大, 说明相同条件下, 增加催化剂的表面积, 反应速率增大, D 正确; 答案选 C。

6. (2022·北京卷) 某 MOFs 的多孔材料刚好可将 N_2O_4 “固定”, 实现了 NO_2 与 N_2O_4 分离并制备 HNO_3 , 如图所示:



已知： $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H < 0$

下列说法不正确的是

- A. 气体温度升高后，不利于 N₂O₄ 的固定
- B. N₂O₄ 被固定后，平衡正移，有利于 NO₂ 的去除
- C. 制备 HNO₃ 的原理为： $2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$
- D. 每制备 0.4mol HNO₃，转移电子数约为 6.02×10^{22}

【答案】D

【解析】A. 二氧化氮转化为四氧化二氮的反应为放热反应，升高温度，平衡向逆反应方向移动，四氧化二氮的浓度减小，所以气体温度升高后，不利于四氧化二氮的固定，故 A 正确；

B. 四氧化二氮被固定后，四氧化二氮的浓度减小，二氧化氮转化为四氧化二氮的平衡向正反应方向移动，二氧化氮的浓度减小，所以四氧化二氮被固定后，有利于二氧化氮的去除，故 B 正确；

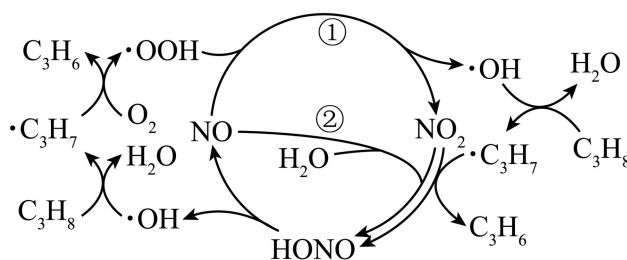
C. 由题意可知，被固定后的四氧化二氮与氧气和水反应生成硝酸，反应的化学方程式为

$2\text{N}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ ，故 C 正确；

D. 四氧化二氮转化为硝酸时，生成 1mol 硝酸，反应转移 1mol 电子，则每制备 0.4mol 硝酸，转移电子数约为 $0.4\text{mol} \times 6.02 \times 10^{23} = 2.408 \times 10^{23}$ ，故 D 错误；

故选 D。

7. (2022 · 山东卷) 在 NO 催化下，丙烷与氧气反应制备丙烯的部分反应机理如图所示。下列说法错误的是



- A. 含 N 分子参与的反应一定有电子转移
- B. 由 NO 生成 HONO 的反应历程有 2 种

- C. 增大 NO 的量, C_3H_8 的平衡转化率不变
- D. 当主要发生包含②的历程时, 最终生成的水减少

【答案】D

【解析】A. 根据反应机理的图示知, 含 N 分子发生的反应有 $NO + \cdot OOH = NO_2 + \cdot OH$ 、 $NO + NO_2 + H_2O = 2HONO$ 、 $NO_2 + \cdot C_3H_7 = C_3H_6 + HONO$ 、 $HONO = NO + \cdot OH$, 含 N 分子 NO、 NO_2 、HONO 中 N 元素的化合价依次为 +2 价、+4 价、+3 价, 上述反应中均有元素化合价的升降, 都为氧化还原反应, 一定有电子转移, A 项正确;

B. 根据图示, 由 NO 生成 HONO 的反应历程有 2 种, B 项正确;

C. NO 是催化剂, 增大 NO 的量, C_3H_8 的平衡转化率不变, C 项正确;

D. 无论反应历程如何, 在 NO 催化下丙烷与 O_2 反应制备丙烯的总反应都为 $2C_3H_8 + O_2 \xrightleftharpoons{NO} 2C_3H_6 + 2H_2O$, 当主要发生包含②的历程时, 最终生成的水不变, D 项错误;

答案选 D。

8. (2022·浙江卷) 关于反应 $Cl_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons HClO(aq) + H^+(aq) + Cl^-(aq)$ $\Delta H < 0$, 达到平衡后, 下列说法不正确的是

- A. 升高温度, 氯水中的 $c(HClO)$ 减小
- B. 氯水中加入少量醋酸钠固体, 上述平衡正向移动, $c(HClO)$ 增大
- C. 取氯水稀释, $c(Cl^-)/c(HClO)$ 增大
- D. 取两份氯水, 分别滴加 $AgNO_3$ 溶液和淀粉 KI 溶液, 若前者有白色沉淀, 后者溶液变蓝色, 可以证明上述反应存在限度

【答案】D

【解析】A. $HClO$ 受热易分解, 升高温度, $HClO$ 分解, 平衡正向移动, $c(HClO)$ 减小, A 正确;

B. 氯水中加入少量醋酸钠固体, 醋酸根离子和氢离子结合生成醋酸分子, 氢离子浓度减小, 平衡正向移动, $c(HClO)$ 增大, B 正确;

C. 氯水稀释, 平衡正向移动, 而 $c(HClO)$ 和 $c(Cl^-)$ 均减小, 但 $HClO$ 本身也存在电离平衡 $HClO \rightleftharpoons H^+ + ClO^-$, 稀释促进了 $HClO$ 的电离, 使 $c(HClO)$ 减少更多, 因此 $\frac{c(Cl^-)}{c(HClO)}$ 增大, C 正确;

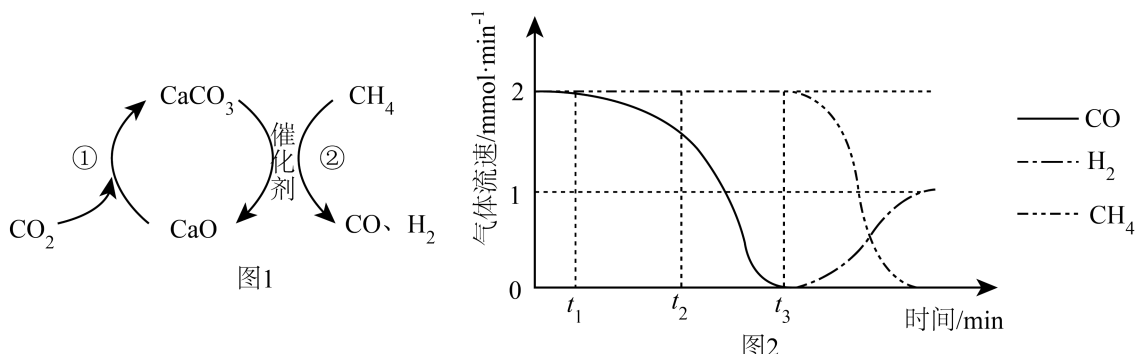
D. 氯水中加硝酸银产生白色沉淀, 证明溶液中有氯离子, 氯水中加淀粉碘化钾溶液, 溶液变蓝, 证明生成了碘单质, 溶液中有强氧化性的物质, 而氯气和次氯酸都有强氧化性, 不能证明反应物和生成物共存, 即不能证明上述反应存在限度, D 错误;

9. (2022·湖南卷) 向体积均为 1L 的两恒容容器中分别充入 2mol X 和 1mol Y 发生反应:

- 【答案】B

综上所述，答案为 B。

10. (2022·北京卷) CO_2 捕获和转化可减少 CO_2 排放并实现资源利用, 原理如图 1 所示。反应①完成之后, 以 N_2 为载气, 以恒定组成的 N_2 、 CH_4 混合气, 以恒定流速通入反应器, 单位时间流出气体各组分的物质的量随反应时间变化如图 2 所示。反应过程中始终未检测到 CO_2 , 在催化剂上有积碳。

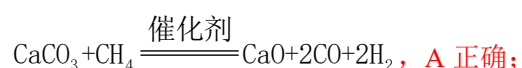


下列说法不正确的是

- A. 反应①为 $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$; 反应②为 $\text{CaCO}_3 + \text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CaO} + 2\text{CO} + 2\text{H}_2$
- B. $t_1 \sim t_3$, $n(\text{H}_2)$ 比 $n(\text{CO})$ 多, 且生成 H_2 速率不变, 可能有副反应 $\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{C} + 2\text{H}_2$
- C. t_2 时刻, 副反应生成 H_2 的速率大于反应②生成 H_2 速率
- D. t_3 之后, 生成 CO 的速率为 0, 是因为反应②不再发生

【答案】C

【解析】A. 由题干图 1 所示信息可知, 反应①为 $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$, 结合氧化还原反应配平可得反应②为



B. 由题干图 2 信息可知, $t_1 \sim t_3$, $n(\text{H}_2)$ 比 $n(\text{CO})$ 多, 且生成 H_2 速率不变, 且反应过程中始终未检测到 CO_2 ,

在催化剂上有积碳, 故可能有副反应 $\text{CH}_4 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{C} + 2\text{H}_2$, 反应②和副反应中 CH_4 和 H_2 的系数比均为 1: 2,

B 正确;

C. 由题干反应②方程式可知, H_2 和 CO 的反应速率相等, 而 t_2 时刻信息可知, H_2 的反应速率未变, 仍然为 $2\text{mmol}/\text{min}$, 而 CO 变为 $1 \sim 2\text{mmol}/\text{min}$ 之间, 故能够说明副反应生成 H_2 的速率小于反应②生成 H_2 速率, C 错误;

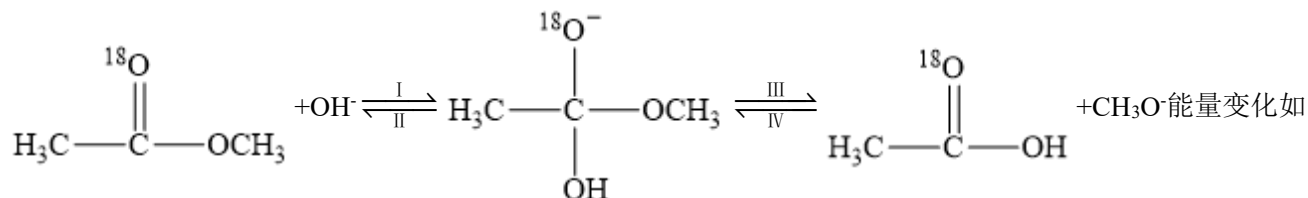
D. 由题干图 2 信息可知, t_3 之后, CO 的速率为 0, CH_4 的速率逐渐增大, 最终恢复到 1, 说明生成 CO 的

速率为 0，是因为反应②不再发生，而后副反应逐渐停止反应，D 正确；

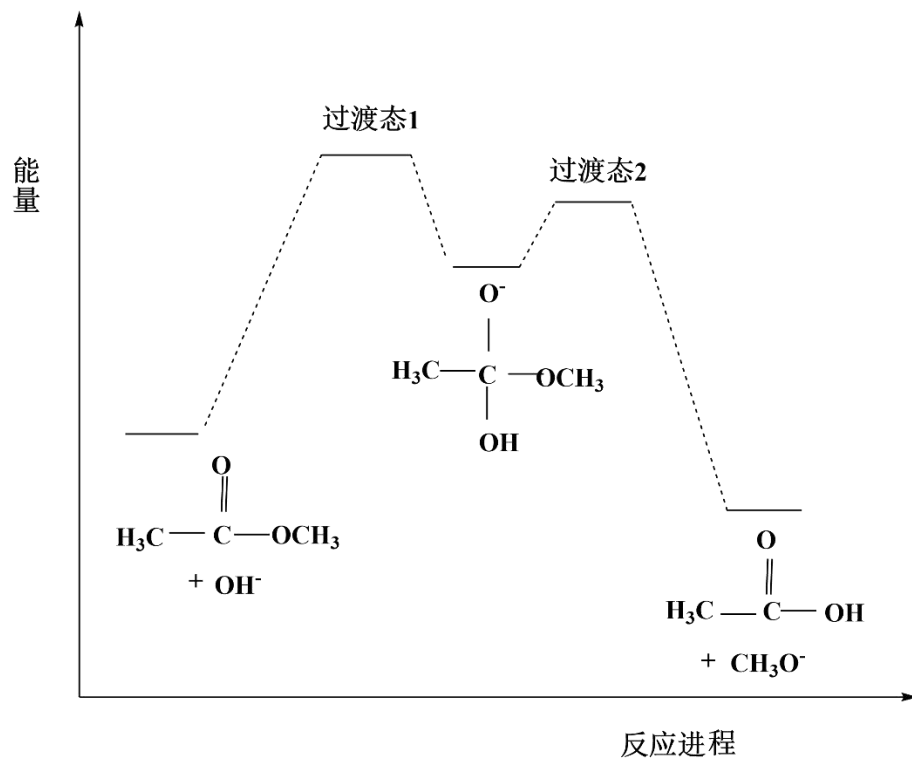
故答案为：C。

【2021 年】

1. （2021·山东） ^{18}O 标记的乙酸甲酯在足量 NaOH 溶液中发生水解，部分反应历程可表示为：



图所示。已知 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{O}^-}{\mid}}{\underset{\underset{\text{OH}}{\mid}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{OH}}{\mid}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{\mid}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$ 为快速平衡，下列说法正确的是



- A. 反应II、III为决速步
- B. 反应结束后，溶液中存在 $^{18}\text{OH}^-$
- C. 反应结束后，溶液中存在 $\text{CH}_3^{18}\text{OH}$
- D. 反应I与反应IV活化能的差值等于图示总反应的焓变

【答案】B

【详解】

A. 一般来说, 反应的活化能越高, 反应速率越慢, 由图可知, 反应 I 和反应 IV 的活化能较高, 因此反应的决速步为反应 I、IV, 故 A 错误;

B. 反应 I 为加成反应, 而 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{O}^-}{|}}{\underset{\underset{\text{OH}}{|}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$ 与 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{OH}}{|}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{|}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$ 为快速平衡, 反应 II 的成键和

断键方式为 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{O}^-}{|}}{\underset{\underset{\text{OH}}{|}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$ 或 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{OH}}{|}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{|}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$, 后者能生成 $^{18}\text{OH}^-$, 因此反应结束后, 溶液中

存在 $^{18}\text{OH}^-$, 故 B 正确;

C. 反应 III 的成键和断键方式为 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{O}^-}{|}}{\underset{\underset{\text{OH}}{|}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$ 或 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{OH}}{|}}{\underset{\underset{\text{O}^-}{|}}{\text{C}}}-\text{OCH}_3$, 因此反应结束后溶液中

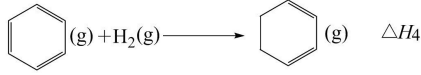
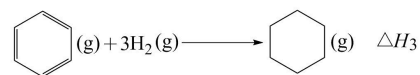
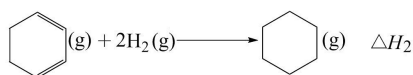
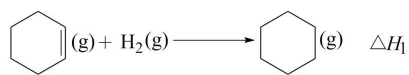
不会存在 CH_3^{18}H , 故 C 错误;

D. 该总反应对应反应物的总能量高于生成物总能量, 总反应为放热反应, 因此 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}-\text{OH}$ 和 CH_3O^-

的总能量与 $\text{H}_3\text{C}-\overset{\overset{^{18}\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}-\text{OCH}_3$ 和 OH^- 的总能量之差等于图示总反应的焓变, 故 D 错误;

综上所述, 正确的是 B 项, 故答案为 B。

2. (2021·浙江) 相同温度和压强下, 关于反应的 ΔH , 下列判断正确的是



A. $\Delta H_1 > 0, \Delta H_2 > 0$

B. $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$

C. $\Delta H_1 > \Delta H_2, \Delta H_3 > \Delta H_2$

D. $\Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4$

【答案】C

【分析】

一般的烯烃与氢气发生的加成反应为放热反应，但是，由于苯环结构的特殊性决定了苯环结构的稳定性，苯与氢气发生加成反应生成 1, 3-环己二烯时，破坏了苯环结构的稳定性，因此该反应为吸热反应。

【详解】

A. 环己烯、1, 3-环己二烯分别与氢气发生的加成反应均为放热反应，因此， $\Delta H_1 < 0, \Delta H_2 < 0$ ，A 不正确；

B. 苯分子中没有碳碳双键，其中的碳碳键是介于单键和双键之间的特殊的共价键，因此，其与氢气完全加成的反应热不等于环己烯、1, 3-环己二烯分别与氢气发生的加成反应的反应热之和，即 $\Delta H_3 \neq \Delta H_1 + \Delta H_2$ ，B 不正确；

C. 环己烯、1, 3-环己二烯分别与氢气发生的加成反应均为放反应， $\Delta H_1 < 0, \Delta H_2 < 0$ ，由于 1mol 1, 3-环己二烯与氢气完全加成后消耗的氢气是等量环己烯的 2 倍，故其放出的热量更多，其 $\Delta H_1 > \Delta H_2$ ；苯与氢气发生加成反应生成 1, 3-环己二烯的反应为吸热反应（ $\Delta H_4 > 0$ ），根据盖斯定律可知，苯与氢气完全加成的反应热 $\Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_2$ ，因此 $\Delta H_3 > \Delta H_2$ ，C 正确；

D. 根据盖斯定律可知，苯与氢气完全加成的反应热 $\Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_2$ ，因此 $\Delta H_2 = \Delta H_3 - \Delta H_4$ ，D 不正确。

综上所述，本题选 C。

3. （2021·广东）“天问一号”着陆火星，“嫦娥五号”采回月壤。腾飞中国离不开化学，长征系列运载火箭使用的燃料有液氢和煤油等化学品。下列有关说法正确的是

- A. 煤油是可再生能源
- B. H_2 燃烧过程中热能转化为化学能
- C. 火星陨石中的 ^{20}Ne 质量数为 20
- D. 月壤中的 3He 与地球上的 3H 互为同位素

【答案】C

【详解】

A. 煤油来源于石油，属于不可再生能源，故 A 错误；

B. 氢气的燃烧过程放出热量，将化学能变为热能，故 B 错误；

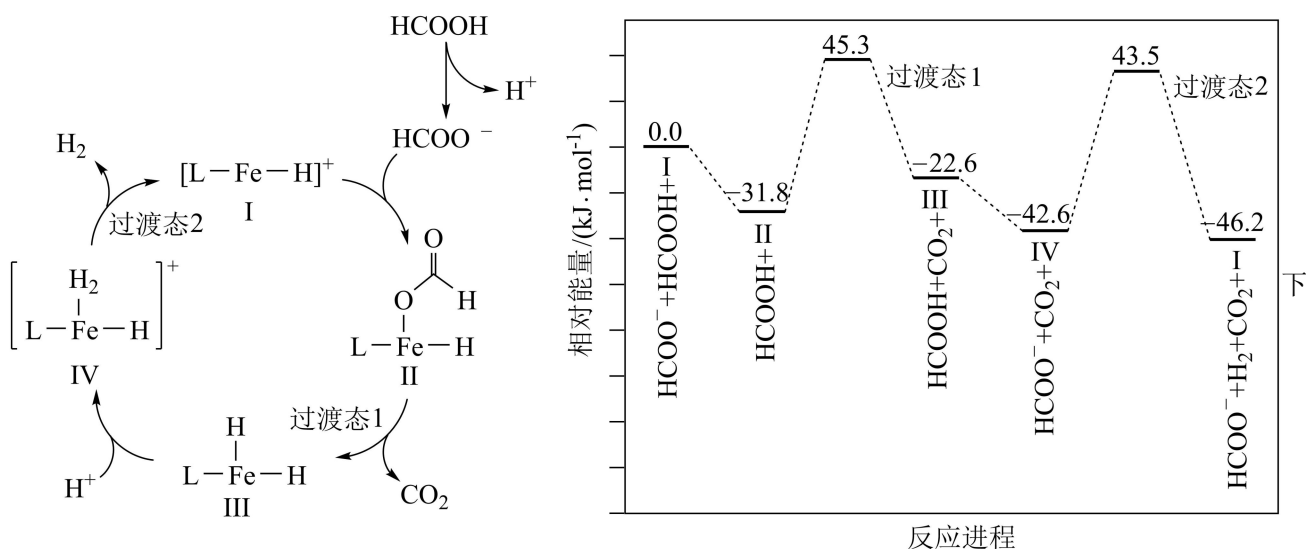
C. 元素符号左上角数字为质量数，所以火星陨石中的 ^{20}Ne 质量数为 20，故 C 正确；

D. 同位素须为同种元素， ^3He 和 ^3H 的质子数不同，不可能为同位素关系，故 D 错误；

故选 C。

4. (2021·湖南) 铁的配合物离子(用 $[\text{L}-\text{Fe}-\text{H}]^+$ 表示)催化某反应的一种反应机理和相对能量的变化情况

如图所示：



列说法错误的是

- A. 该过程的总反应为 $\text{HCOOH} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$
- B. H^+ 浓度过大或者过小，均导致反应速率降低
- C. 该催化循环中 Fe 元素的化合价发生了变化
- D. 该过程的总反应速率由 II→III 步骤决定

【答案】D

【详解】

A. 由反应机理可知， HCOOH 电离出氢离子后， HCOO^- 与催化剂结合，放出二氧化碳，然后又结合氢离子

转化为氢气，所以化学方程式为 $\text{HCOOH} \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$ ，故 A 正确；

B. 若氢离子浓度过低，则反应 III→IV 的反应物浓度降低，反应速率减慢，若氢离子浓度过高，则会抑制加酸的电离，使甲酸根浓度降低，反应 I→II 速率减慢，所以氢离子浓度过高或过低，均导致反应速率减慢，故 B 正确；

C. 由反应机理可知，Fe 在反应过程中，化学键数目发生变化，则化合价也发生变化，故 C 正确；

D. 由反应进程可知，反应 IV→I 能垒最大，反应速率最慢，对该过程的总反应起决定作用，故 D 错误；

故选 D。

5. (2021·浙江) 一定温度下: 在 N_2O_5 的四氯化碳溶液(100mL)中发生分解反应: $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightleftharpoons 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ 。

在不同时刻测量放出的 O_2 体积, 换算成 N_2O_5 浓度如下表:

t/s	0	600	1200	1710	2220	2820	x
$c(\text{N}_2\text{O}_5)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	1.40	0.96	0.66	0.48	0.35	0.24	0.12

下列说法正确的是

A. 600~1200s, 生成 NO_2 的平均速率为 $5.0 \times 10^{-4} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

B. 反应 2220s 时, 放出的 O_2 体积为 11.8L (标准状况)

C. 反应达到平衡时, $v_{\text{正}}(\text{N}_2\text{O}_5) = 2v_{\text{逆}}(\text{NO}_2)$

D. 推测上表中的 x 为 3930

【答案】D

【详解】

A. 600~1200s, N_2O_5 的变化量为 $(0.96-0.66) \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.3 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 在此时间段内 NO_2 的变化量为其 2 倍, 即 $0.6 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 因此, 生成 NO_2 的平均速率为 $\frac{0.6 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}}{600\text{s}} = 1.0 \times 10^{-3} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, A 说法不正确;

B. 由表中数据可知, 反应 2220s 时, N_2O_5 的变化量为 $(1.40-0.35) \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1.05 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 其物质的量的变化量为 $1.05 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.1\text{L} = 0.105 \text{mol}$, O_2 的变化量是其 $\frac{1}{2}$, 即 0.0525mol , 因此, 放出的 O_2 在标准状况下的体积为 $0.0525 \text{mol} \times 22.4 \text{L/mol} = 1.176 \text{L}$, B 说法不正确;

C. 反应达到平衡时, 正反应速率等于逆反应速率, 用不同物质表示该反应的速率时, 其数值之比等于化学计量数之比, $2v_{\text{正}}(\text{N}_2\text{O}_5) = v_{\text{逆}}(\text{NO}_2)$, C 说法不正确;

D. 分析表中数据可知, 该反应经过 1110s (600-1710, 1710-2820) 后 N_2O_5 的浓度会变为原来的 $\frac{1}{2}$, 因此, N_2O_5 的浓度由 $0.24 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 变为 $0.12 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 可以推测上表中的 x 为 $(2820+1110)=3930$, D 说法正确。

综上所述, 本题选 D。

6. (2021·浙江) 相同温度和压强下, 关于物质熵的大小比较, 合理的是

- A. $1\text{mol CH}_4(\text{g}) < 1\text{mol H}_2(\text{g})$
- B. $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{g}) < 2\text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$
- C. $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{s}) > 1\text{mol H}_2\text{O}(\text{l})$
- D. $1\text{mol C}(\text{s, 金刚石}) > 1\text{mol C}(\text{s, 石墨})$

【答案】B

【详解】

A. $\text{CH}_4(\text{g})$ 和 $\text{H}_2(\text{g})$ 物质的量相同，且均为气态， $\text{CH}_4(\text{g})$ 含有的原子总数多， $\text{CH}_4(\text{g})$ 的摩尔质量大，所以熵值 $1\text{mol CH}_4(\text{g}) > 1\text{mol H}_2(\text{g})$ ，A 错误；

B. 相同状态的相同物质，物质的量越大，熵值越大，所以熵值 $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{g}) < 2\text{mol H}_2\text{O}(\text{g})$ ，B 正确；

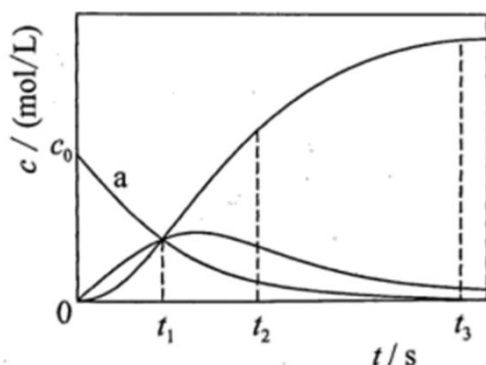
C. 等量的同物质，熵值关系为： $S(\text{g}) > S(\text{l}) > S(\text{s})$ ，所以熵值 $1\text{mol H}_2\text{O}(\text{s}) < 1\text{mol H}_2\text{O}(\text{l})$ ，C 错误；

D. 从金刚石和石墨的结构组成上来看，金刚石的微观结构更有序，熵值更低，所以熵值

$1\text{mol C}(\text{s, 金刚石}) < 1\text{mol C}(\text{s, 石墨})$ ，D 错误；

答案为：B。

7. (2021·广东) 反应 $\text{X} = 2\text{Z}$ 经历两步：① $\text{X} \rightarrow \text{Y}$ ；② $\text{Y} \rightarrow 2\text{Z}$ 。反应体系中 X、Y、Z 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线如图所示。下列说法不正确的是



- A. a 为 $c(\text{X})$ 随 t 的变化曲线
- B. t_1 时， $c(\text{X}) = c(\text{Y}) = c(\text{Z})$
- C. t_2 时，Y 的消耗速率大于生成速率
- D. t_3 后， $c(\text{Z}) = 2c_0 - c(\text{Y})$

【答案】D

【分析】

由题中信息可知，反应 $X = 2Z$ 经历两步：① $X \rightarrow Y$ ；② $Y \rightarrow 2Z$ 。因此，图中呈不断减小趋势的 a 线为 X 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线，呈不断增加趋势的线为 Z 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线，先增加后减小的线为 Y 的浓度 c 随时间 t 的变化曲线。

【详解】

A. X 是唯一的反应物，随着反应的发生，其浓度不断减小，因此，由图可知，a 为 $c(X)$ 随 t 的变化曲线，A 正确；

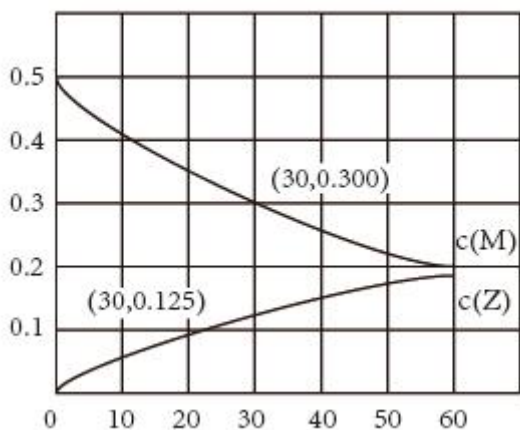
B. 由图可知，分别代表 3 种不同物质的曲线相交于 t_1 时刻，因此， t_1 时 $c(X) = c(Y) = c(Z)$ ，B 正确；

C. 由图中信息可知， t_2 时刻以后，Y 的浓度仍在不断减小，说明 t_2 时刻反应两步仍在向正反应方向发生，而且反应①生成 Y 的速率小于反应②消耗 Y 的速率，即 t_2 时 Y 的消耗速率大于生成速率，C 正确；

D. 由图可知， t_3 时刻反应①完成，X 完全转化为 Y，若无反应②发生，则 $c(Y) = c_0$ ，由于反应② $Y \rightarrow 2Z$ 的发生， t_3 时刻 Y 浓度的变化量为 $c_0 - c(Y)$ ，变化量之比等于化学计量数之比，所以 Z 的浓度的变化量为 $2[c_0 - c(Y)]$ ，这种关系在 t_3 后仍成立，因此，D 不正确。

综上所述，本题选 D。

8. (2021·河北) 室温下，某溶液初始时仅溶有 M 和 N 且浓度相等，同时发生以下两个反应：① $M+N=X+Y$ ；② $M+N=X+Z$ ，反应①的速率可表示为 $v_1=k_1c^2(M)$ ，反应②的速率可表示为 $v_2=k_2c^2(M)$ (k_1 、 k_2 为速率常数)。反应体系中组分 M、Z 的浓度随时间变化情况如图，下列说法错误的是



A. 0~30min 时间段内，Y 的平均反应速率为 $6.67 \times 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

- B. 反应开始后，体系中 Y 和 Z 的浓度之比保持不变
- C. 如果反应能进行到底，反应结束时 62.5% 的 M 转化为 Z
- D. 反应①的活化能比反应②的活化能大

【答案】A

【详解】

A. 由图中数据可知，30min 时，M、Z 的浓度分别为 $0.300 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $0.125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，则 M 的变化量为 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.300 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，其中转化为 Y 的变化量为 $0.200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} - 0.125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 0.075 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。因此，0 ~ 30min 时间段内，Y 的平均反应速率为

$$\frac{0.075 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{30 \text{ min}} = 0.0025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, \text{ A 说法不正确;}$$

B. 由题中信息可知，反应①和反应②的速率之比为 $\frac{k_1}{k_2}$ ，Y 和 Z 分别为反应①和反应②的产物，且两者与

M 的化学计量数相同（化学计量数均为 1），因此反应开始后，体系中 Y 和 Z 的浓度之比等于 $\frac{k_1}{k_2}$ ，由于 k_1 、 k_2 为速率常数，故该比值保持不变，B 说法正确；

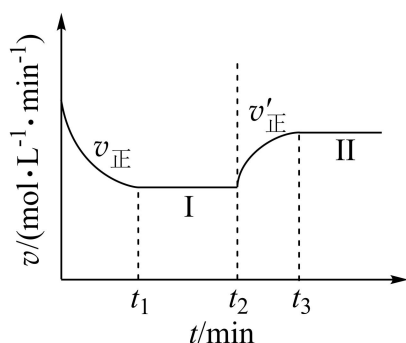
C. 结合 A、B 的分析可知因此反应开始后，在相同的时间内体系中 Y 和 Z 的浓度之比等于

$\frac{k_1}{k_2} = \frac{0.075 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{0.125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = \frac{3}{5}$ ，因此，如果反应能进行到底，反应结束时有 $\frac{5}{8}$ 的 M 转化为 Z，即 62.5% 的 M 转化为 Z，C 说法正确；

D. 由以上分析可知，在相同的时间内生成 Z 较多、生成 Y 较少，因此，反应①的化学反应速率较小，在同一体系中，活化能较小的化学反应速率较快，故反应①的活化能比反应②的活化能大，D 说法正确。

综上所述，相关说法不正确的只有 A，故本题选 A。

9. (2021·湖南) 已知： $\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ ，向一恒温恒容的密闭容器中充入 1mol A 和 3mol B 发生反应， t_1 时达到平衡状态 I，在 t_2 时改变某一条件， t_3 时重新达到平衡状态 II，正反应速率随时间的变化如图所示。下列说法正确的是



- A. 容器内压强不变，表明反应达到平衡
- B. t_2 时改变的条件：向容器中加入 C
- C. 平衡时 A 的体积分数 φ ： $\varphi(\text{II}) > \varphi(\text{I})$
- D. 平衡常数 K： $K(\text{II}) < K(\text{I})$

【答案】BC

【分析】

根据图像可知，向恒温恒容密闭容器中充入 1molA 和 3molB 发生反应，反应时间从开始到 t_1 阶段，正反应速率不断减小， t_1 - t_2 时间段，正反应速率不变，反应达到平衡状态， t_2 - t_3 时间段，改变条件使正反应速率逐渐增大，平衡向逆反应方向移动， t_3 以后反应达到新的平衡状态，据此结合图像分析解答。

【详解】

A. 容器内发生的反应为 $\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g})$ ，该反应是气体分子数不变的可逆反应，所以在恒温恒容条件下，气体的压强始终保持不变，则容器内压强不变，不能说明反应达到平衡状态，A 错误；

B. 根据图像变化曲线可知， $t_2 \sim t_3$ 过程中， t_2 时 $v_{\text{正}}$ 瞬间不变，平衡过程中不断增大，则说明反应向逆反应方向移动，且不是“突变”图像，属于“渐变”过程，所以排除温度与催化剂等影响因素，改变的条件为：向容器中加入 C，B 正确；

C. 最初加入体系中的 A 和 B 的物质的量的比值为 1：3，当向体系中加入 C 时，平衡逆向移动，最终 A 和 B 各自物质的量增加的比例为 1：2，因此平衡时 A 的体积分数 $\varphi(\text{II}) > \varphi(\text{I})$ ，C 正确；

D. 平衡常数 K 与温度有关，因该反应在恒温条件下进行，所以 K 保持不变，D 错误。

故选 BC。

【2020 年】

1. (2020·江苏卷) 反应 $\text{SiCl}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{Si}(\text{s}) + 4\text{HCl}(\text{g})$ 可用于纯硅的制备。下列有关该反应的说法正确的是

- A. 该反应 $\Delta H > 0$ 、 $\Delta S < 0$

- B. 该反应的平衡常数 $K = \frac{c^4(\text{HCl})}{c(\text{SiCl}_4) \times c^2(\text{H}_2)}$
- C. 高温下反应每生成 1 mol Si 需消耗 $2 \times 22.4\text{LH}_2$
- D. 用 E 表示键能, 该反应 $\Delta H = 4E(\text{Si-Cl}) + 2E(\text{H-H}) - 4E(\text{H-Cl})$

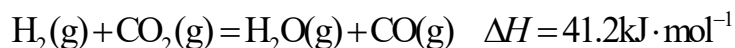
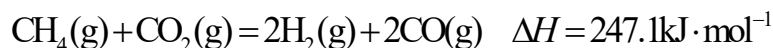
【答案】B

【解析】 SiCl_4 、 H_2 、 HCl 为气体, 且反应前气体系数之和小于反应后气体系数之和, 因此该反应为熵增,

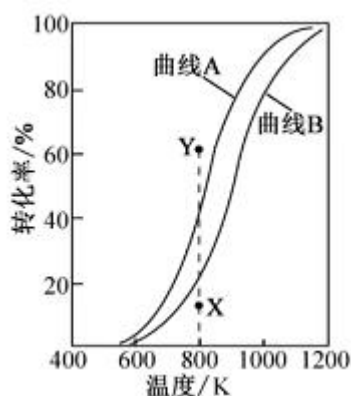
即 $\Delta S > 0$, 故 A 错误; 根据化学平衡常数的定义, 该反应的平衡常数 $K = \frac{c^4(\text{HCl})}{c(\text{SiCl}_4) \cdot c^2(\text{H}_2)}$, 故 B 正确;

高温不是标准状况下, 因此不能直接用 $22.4\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 计算, 故 C 错误; $\Delta H = \text{反应物键能总和} - \text{生成物键能总和}$, 即 $\Delta H = 4E(\text{Si-Cl}) + 2E(\text{H-H}) - 4E(\text{H-Cl}) - 2E(\text{Si-Si})$, 故 D 错误; 答案为 B。

2. (2020·江苏卷) CH_4 与 CO_2 重整生成 H_2 和 CO 的过程中主要发生下列反应



在恒压、反应物起始物质的量比 $n(\text{CH}_4):n(\text{CO}_2)=1:1$ 条件下, CH_4 和 CO_2 的平衡转化率随温度变化的曲线如图所示。下列有关说法正确的是



- A. 升高温度、增大压强均有利于提高 CH_4 的平衡转化率
- B. 曲线 B 表示 CH_4 的平衡转化率随温度的变化
- C. 相同条件下, 改用高效催化剂能使曲线 A 和曲线 B 相重叠
- D. 恒压、800K、 $n(\text{CH}_4):n(\text{CO}_2)=1:1$ 条件下, 反应至 CH_4 转化率达到 X 点的值, 改变除温度外的特定条件继续反应, CH_4 转化率能达到 Y 点的值

【答案】BD

【解析】甲烷和二氧化碳反应是吸热反应，升高温度，平衡向吸热反应即正向移动，甲烷转化率增大，甲烷和二氧化碳反应是体积增大的反应，增大压强，平衡逆向移动，甲烷转化率减小，故 A 错误；根据两个反应得到总反应为 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + 3\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，加入的 CH_4 与 CO_2 物质的量相等， CO_2 消耗量大于 CH_4 ，因此 CO_2 的转化率大于 CH_4 ，因此曲线 B 表示 CH_4 的平衡转化率随温度变化，故 B 正确；使用高效催化剂，只能提高反应速率，但不能改变平衡转化率，故 C 错误；800K 时甲烷的转化率为 X 点，可以通过改变二氧化碳的量来提高甲烷的转化率达到 Y 点的值，故 D 正确。综上所述，答案为 BD。

3. (2020·浙江卷) 5 mL $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{KI}$ 溶液与 1 mL $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{FeCl}_3$ 溶液发生反应：

$2\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$ ，达到平衡。下列说法不正确的是()

- A. 加入苯，振荡，平衡正向移动
- B. 经苯 2 次萃取分离后，在水溶液中加入 KSCN，溶液呈血红色，表明该化学反应存在限度
- C. 加入 FeSO_4 固体，平衡逆向移动

D. 该反应的平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{Fe}^{2+})}{c^2(\text{Fe}^{3+}) \times c^2(\text{I}^{-})}$

【答案】D

【解析】加入苯振荡，苯将 I_2 萃取到苯层，水溶液中 $c(\text{I}_2)$ 减小，平衡正向移动，A 正确；将 5mL 0.1mol/LKI 溶液与 1mL 0.1mol/LFeCl_3 溶液混合，参与反应的 Fe^{3+} 与 I^{-} 物质的量之比为 1:1，反应后 I^{-} 一定过量，经苯 2 次萃取分离后，在水溶液中加入 KSCN 溶液呈血红色，说明水溶液中仍含有 Fe^{3+} ，即 Fe^{3+} 没有完全消耗，表明该化学反应存在限度，B 正确；加入 FeSO_4 固体溶于水电离出 Fe^{2+} ， $c(\text{Fe}^{2+})$ 增大，平衡逆向移动，C

正确；该反应的平衡常数 $K = \frac{c^2(\text{Fe}^{2+}) \cdot c(\text{I}_2)}{c^2(\text{Fe}^{3+}) \cdot c^2(\text{I}^{-})}$ ，D 错误；答案选 D。

4. (2020·浙江卷) 一定条件下： $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \quad \Delta H < 0$ 。在测定 NO_2 的相对分子质量时，下列条件中，测定结果误差最小的是()

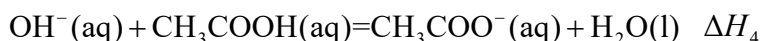
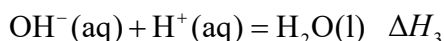
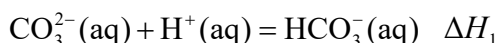
- A. 温度 0°C 、压强 50 kPa
- B. 温度 130°C 、压强 300 kPa
- C. 温度 25°C 、压强 100 kPa
- D. 温度 130°C 、压强 50 kPa

【答案】D

【解析】测定二氧化氮的相对分子质量，要使测定结果误差最小，应该使混合气体中 NO_2 的含量越多越好，为了实现该目的，应该改变条件使平衡尽可能地逆向移动。该反应是一个反应前后气体分子数减小的放热反应，可以通过减小压强、升高温度使平衡逆向移动，则选项中，温度高的为 130°C ，压强低的为 50kPa，

结合二者选 D。答案为 D。

5. (2020·浙江卷) 关于下列 ΔH 的判断正确的是()



- A. $\Delta H_1 < 0$ $\Delta H_2 < 0$ B. $\Delta H_1 < \Delta H_2$ C. $\Delta H_3 < 0$ $\Delta H_4 > 0$ D. $\Delta H_3 > \Delta H_4$

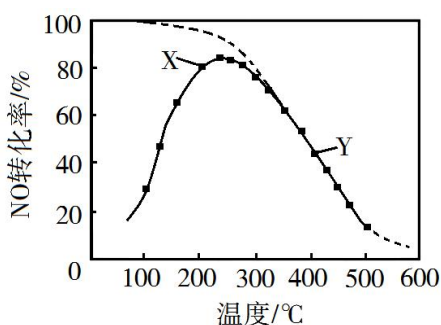
【答案】B

【解析】碳酸氢根的电离属于吸热过程，则 $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) = \text{HCO}_3^-(\text{aq})$ 为放热反应，所以 $\Delta H_1 < 0$ ；

$\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ 为碳酸根的水解离子方程式， CO_3^{2-} 的水解反应为吸热反应，所以 $\Delta H_2 > 0$ ； $\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ 表示强酸和强碱的中和反应，为放热反应，所以 $\Delta H_3 < 0$ ；醋酸与强碱的中和反应为放热反应，所以 $\Delta H_4 < 0$ ；但由于醋酸是弱酸，电离过程中会吸收部分热量，所以醋酸与强碱反应过程放出的热量小于强酸和强碱反应放出的热量，则 $\Delta H_4 > \Delta H_3$ ；综上所述，只有 $\Delta H_1 < \Delta H_2$ 正确，故答案为 B。

【2019 年】

1. [2019江苏] 在恒压、NO 和 O_2 的起始浓度一定的条件下，催化反应相同时间，测得不同温度下 NO 转化为 NO_2 的转化率如图中实线所示(图中虚线表示相同条件下 NO 的平衡转化率随温度的变化)。下列说法正确的是



- A. 反应 $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 的 $\Delta H > 0$
- B. 图中 X 点所示条件下，延长反应时间能提高 NO 转化率
- C. 图中 Y 点所示条件下，增加 O_2 的浓度不能提高 NO 转化率
- D. 380 °C 下， $c_{\text{起始}}(\text{O}_2) = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，NO 平衡转化率为 50%，则平衡常数 $K > 2000$

【答案】BD

【解析】随温度升高 NO 的转化率先升高后降低，说明温度较低时反应较慢，一段时间内并未达到平衡，

分析温度较高时，已达到平衡时的 NO 转化率可知，温度越高 NO 转化率越低，说明温度升高平衡向逆方向移动，根据勒夏特列原理分析该反应为放热反应， $\Delta H < 0$ ，故 A 错误；根据上述分析，X 点时，反应还未到达平衡状态，反应正向进行，所以延长反应时间能提高 NO 的转化率，故 B 正确；Y 点，反应已经达到平衡状态，此时增加 O_2 的浓度，使得正反应速率大于逆反应速率，平衡向正反应方向移动，可以提高 NO 的转化率，故 C 错误；设 NO 起始浓度为 $a \text{ mol/L}$ ，NO 的转化率为 50%，则平衡时 NO、 O_2 和 NO_2 的浓度分别为 $0.5a \text{ mol/L}$ 、 $(5 \times 10^{-4} - 0.25a) \text{ mol/L}$ 、 $0.5a \text{ mol/L}$ ，根据平衡常数表达式

$$K = \frac{c^2(NO_2)}{c^2(NO) \cdot c(O_2)} = \frac{(0.5a)^2}{(0.5a)^2 \times (5 \times 10^{-4} - 0.5a)} > \frac{1}{5 \times 10^{-4}} = 2000, \text{ 故 D 正确；故选 BD。}$$

2. [2019 浙江选考] 下列说法正确的是

- A. $H(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ ，其他条件不变，缩小反应容器体积，正逆反应速率不变
- B. $C(s) + H_2O(g) \rightleftharpoons H_2(g) + CO(g)$ ，碳的质量不再改变说明反应已达平衡
- C. 若压强不再随时间变化能说明反应 $2A(?) + B(g) \rightleftharpoons 2C(?)$ 已达平衡，则 A、C 不能同时是气体
- D. 1 mol N_2 和 3 mol H_2 反应达到平衡时 H_2 转化率为 10%，放出的热量为 Q_1 ；在相同温度和压强下，当 2 mol NH_3 分解为 N_2 和 H_2 的转化率为 10% 时，吸收的热量为 Q_2 ， Q_2 不等于 Q_1

【答案】B

【解析】该可逆反应的反应前后气体计量数不发生变化，当缩小反应容器体积，相当于加压，正逆反应速率同等程度增加，A 项错误；在建立平衡前，碳的质量不断改变，达到平衡时，质量不变，因而碳的质量不再改变说明反应已达平衡，B 项正确；若压强不再改变说明反应达到平衡，表明反应前后气体的计量数不等，故 A、C 不可能均为气体，C 项错误；易知 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \Delta H$ ，合成氨气实际参与反应 $n(H_2) = 3 \times 10\% = 0.3 \text{ mol}$ ，因而 $Q_1 = 0.3/3 \times |\Delta H| = 0.1|\Delta H|$ ，分解氨气时实际消耗的 $n(NH_3) = 2 \times 10\% = 0.2 \text{ mol}$ ， $Q_2 = 0.2/2 \times |\Delta H| = 0.1|\Delta H|$ ，则 $Q_1 = Q_2$ ，D 项错误。

3. [2019 江苏] 氢气与氧气生成水的反应是氢能源应用的重要途径。下列有关说法正确的是

- A. 一定温度下，反应 $2H_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2H_2O(g)$ 能自发进行，该反应的 $\Delta H < 0$
- B. 氢氧燃料电池的负极反应为 $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$
- C. 常温常压下，氢氧燃料电池放电过程中消耗 11.2 L H_2 ，转移电子的数目为 6.02×10^{23}
- D. 反应 $2H_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2H_2O(g)$ 的 ΔH 可通过下式估算：

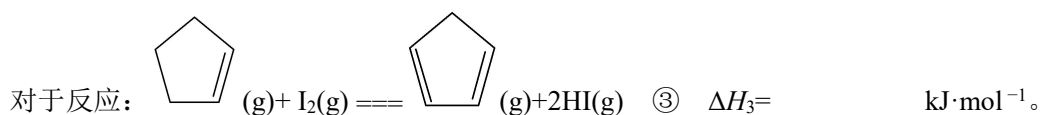
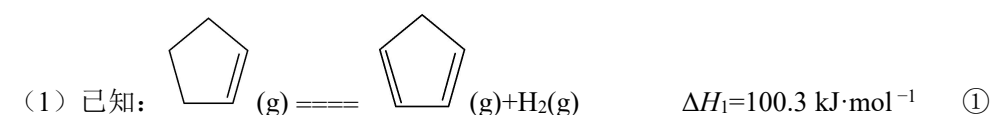
$\Delta H = \text{反应中形成新共价键的键能之和} - \text{反应中断裂旧共价键的键能之和}$

【答案】A

【解析】体系能量降低和混乱度增大都有促使反应自发进行的倾向，该反应属于混乱度减小的反应，能自

发说明该反应为放热反应，即 $\Delta H < 0$ ，A 正确；氢氧燃料电池，氢气作负极，失电子发生氧化反应，中性条件的电极反应式为： $2\text{H}_2 - 4\text{e}^- = 4\text{H}^+$ ，B 错误；常温常压下， $V_m \neq 22.4\text{L/mol}$ ，无法根据气体体积进行微粒数目的计算，C 错误；反应中，应该如下估算： $\Delta H = \text{反应中断裂旧化学键的键能之和} - \text{反应中形成新共价键的键能之和}$ ，D 错误。

4. [2019 新课标II节选]环戊二烯 () 是重要的有机化工原料，广泛用于农药、橡胶、塑料等生产。回答下列问题：

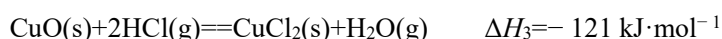
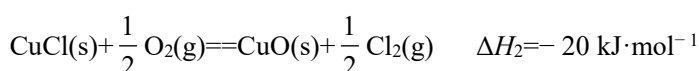
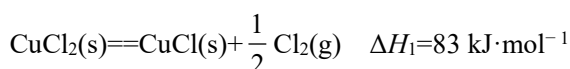


【答案】(1) 89.3

【解析】(1) 根据盖斯定律①- ②，可得反应③的 $\Delta H = 89.3\text{ kJ/mol}$ ；

5. [2019 新课标III节选]近年来，随着聚酯工业的快速发展，氯气的需求量和氯化氢的产出量也随之迅速增长。因此，将氯化氢转化为氯气的技术成为科学研究的热点。回答下列问题：

(2) Deacon 直接氧化法可按下列催化过程进行：



则 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 的 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}}\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

【答案】(2) $\frac{(0.42)^2 \times (0.42)^2}{(1-0.84)^4 \times (1-0.21)c_0}$

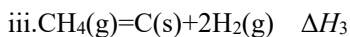
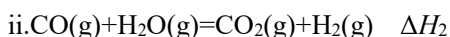
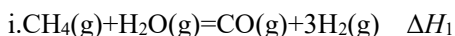
【解析】(2) 根据盖斯定律知，(反应 I + 反应 II + 反应 III) $\times 2$ 得 $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ $\Delta H = (\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3) \times 2 = -116\text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。

6. [2019 北京节选]氢能源是最具应用前景的能源之一，高纯氢的制备是目前的研究热点。

(1) 甲烷水蒸气催化重整是制高纯氢的方法之一。

①反应器中初始反应的生成物为 H_2 和 CO_2 ，其物质的量之比为 4 : 1，甲烷和水蒸气反应的方程式是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

②已知反应器中还存在如下反应:



.....

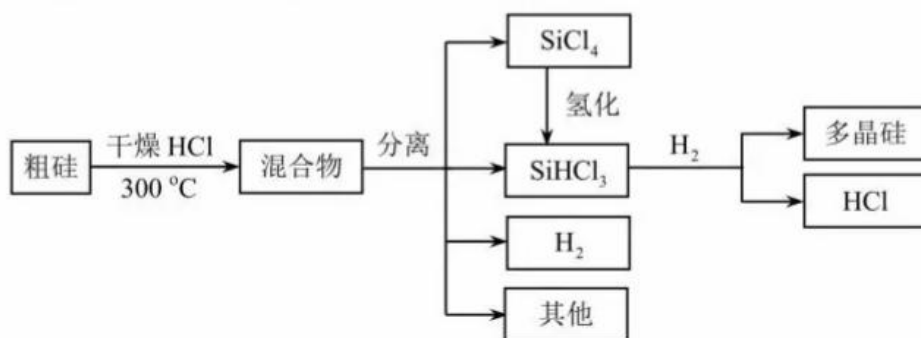
iii 为积炭反应, 利用 ΔH_1 和 ΔH_2 计算 ΔH_3 时, 还需要利用_____反应的 ΔH 。

【答案】(1) ① $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ ② $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$

【解析】(1) ①由于生成物为 H_2 和 CO_2 , 其物质的量之比为 4: 1, 反应物是甲烷和水蒸气, 因而反应方程式为 $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$;

②i- ii可得 $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$, 设为iv, 用iv- iii可得 $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$, 因为还需利用 $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ 反应的焓变。

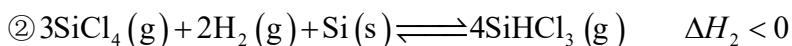
7. [2019 天津节选]多晶硅是制作光伏电池的关键材料。以下是由粗硅制备多晶硅的简易过程。



回答下列问题:

I. 硅粉与 HCl 在 300°C 时反应生成 1mol SiHCl_3 气体和 H_2 , 放出 225kJ 热量, 该反应的热化学方程式为_____。 SiHCl_3 的电子式为_____。

II. 将 SiCl_4 氢化为 SiHCl_3 有三种方法, 对应的反应依次为:



(4) 反应③的 $\Delta H_3 =$ _____ (用 ΔH_1 , ΔH_2 表示)。温度升高, 反应③的平衡常数 K _____ (填“增大”、“减小”或“不变”)。



II. (4) $\Delta H_2 - \Delta H_1$ 减小

【解析】I. 参加反应的物质是固态的 Si、气态的 HCl，生成的是气态的 SiHCl₃ 和氢气，反应条件是 300℃，配平后发现 SiHCl₃ 的化学计量数恰好是 1，由此可顺利写出该条件下的热化学方程式：Si(s)+3HCl(g)

$\xrightarrow{300^\circ\text{C}}$ SiHCl₃(g)+H₂(g) $\Delta H = -225\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；SiHCl₃ 中硅与 1 个 H、3 个 Cl 分别形成共价单键，由此可写

出其电子式为：，注意别漏标 3 个氯原子的孤电子对；

II. (4) 将反应①反向，并与反应②直接相加可得反应③，所以 $\Delta H_3 = \Delta H_2 - \Delta H_1$ ，因 $\Delta H_2 < 0$ 、 $\Delta H_1 > 0$ ，所以 ΔH_3 必小于 0，即反应③正反应为放热反应，而放热反应的化学平衡常数随着温度的升高而减小。

【2018 年】

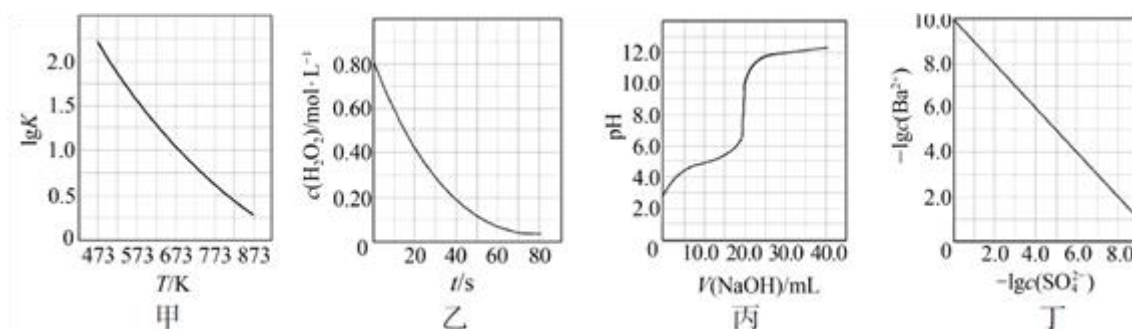
1. (2018 年天津卷) 室温下，向圆底烧瓶中加入 1 mol C₂H₅OH 和含 1 mol HBr 的氢溴酸，溶液中发生反应： $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HBr} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ ，充分反应后达到平衡。已知常压下，C₂H₅Br 和 C₂H₅OH 的沸点分别为 38.4℃ 和 78.5℃。下列有关叙述错误的是

- A. 加入 NaOH，可增大乙醇的物质的量
- B. 增大 HBr 浓度，有利于生成 C₂H₅Br
- C. 若反应物增大至 2 mol，则两种反应物平衡转化率之比不变
- D. 若起始温度提高至 60℃，可缩短反应达到平衡的时间

【答案】D

【解析】加入 NaOH，中和 HBr，平衡逆向移动，可增大乙醇的物质的量，A 正确。增大 HBr 浓度，平衡正向移动，有利于生成 C₂H₅Br，B 正确。若反应物增大至 2 mol，实际上就是将反应的浓度都增大至原来的 2 倍，比例不变（两次实验反应物的比例都是 1:1，等于方程式中的系数比），这里有一个可以直接使用的结论：只要反应物的投料比等于系数比，达平衡时反应物的转化率一定是相等的。所以两种反应物的转化率一定是 1:1，C 正确。若起始温度提高至 60℃，考虑到 HBr 是挥发性酸，在此温度下会挥发出去，降低 HBr 的浓度减慢速率，增加了反应时间，D 错误。

2. (2018 年江苏卷) 根据下列图示所得出的结论不正确的是



- A. 图甲是 $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ 的平衡常数与反应温度的关系曲线, 说明该反应的 $\Delta H < 0$
- B. 图乙是室温下 H_2O_2 催化分解放出氧气的反应中 $c(\text{H}_2\text{O}_2)$ 随反应时间变化的曲线, 说明随着反应的进行 H_2O_2 分解速率逐渐减小
- C. 图丙是室温下用 $0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaOH}$ 溶液滴定 $20.00 \text{ mL } 0.1000 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 某一元酸 HX 的滴定曲线, 说明 HX 是一元强酸
- D. 图丁是室温下用 Na_2SO_4 除去溶液中 Ba^{2+} 达到沉淀溶解平衡时, 溶液中 $c(\text{Ba}^{2+})$ 与 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 的关系曲线, 说明溶液中 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 越大 $c(\text{Ba}^{2+})$ 越小

【答案】C

【解析】升高温度, $\lg K$ 减小, 平衡向逆反应方向移动, 逆反应为吸热反应, 正反应为放热反应, 该反应的 $\Delta H < 0$, A 正确; 根据图像, 随着时间的推移, $c(\text{H}_2\text{O}_2)$ 变化趋于平缓, 随着反应的进行 H_2O_2 分解速率逐渐减小, B 正确; 根据图像, 没有滴入 NaOH 溶液时, 0.1000 mol/L HX 溶液的 $\text{pH} > 1$, HX 为一元弱酸, C 错误; 根据图像可见横坐标越小, 纵坐标越大, $-\lg c(\text{SO}_4^{2-})$ 越小, $-\lg c(\text{Ba}^{2+})$ 越大, 说明 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 越大 $c(\text{Ba}^{2+})$ 越小, D 正确。

3. (2018 年江苏卷) 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:

	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

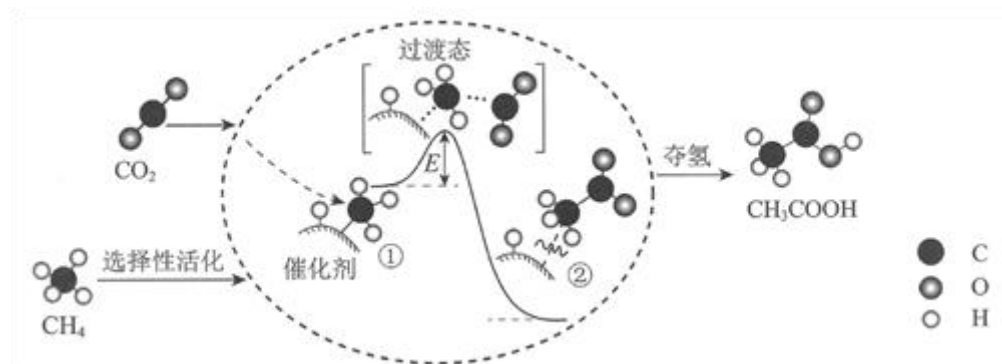
下列说法正确的是

- 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. $c_2 > 2c_3$, $\alpha_2(\text{SO}_3) + \alpha_3(\text{SO}_2) < 1$

【答案】CD

【解析】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 4molSO_3 等效于在相同条件下反应物投入量为 4molSO_2 和 2molO_2 ，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。

4. (2018 年北京卷) 我国科研人员提出了由 CO_2 和 CH_4 转化为高附加值产品 CH_3COOH 的催化反应历程。该历程示意图如下。



下列说法不正确的是

- A. 生成 CH_3COOH 总反应的原子利用率为 100%
- B. $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ 过程中，有 $\text{C}-\text{H}$ 键发生断裂
- C. ① $\rightarrow$ ②放出能量并形成了 $\text{C}-\text{C}$ 键
- D. 该催化剂可有效提高反应物的平衡转化率

【答案】D

【解析】根据图示 CH_4 与 CO_2 在催化剂存在时生成 CH_3COOH ，总反应为 $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} \text{CH}_3\text{COOH}$ ，只有 CH_3COOH 一种生成物，原子利用率为 100%，A 正确； CH_4 选择性活化变为①过程中，有 1 个 $\text{C}-\text{H}$ 键发生断裂，B 正确；根据图示，①的总能量高于②的总能量，① $\rightarrow$ ②放出能量，对比①和②，① $\rightarrow$ ②形成 $\text{C}-\text{C}$ 键，C 正确；催化剂只影响化学反应速率，不影响化学平衡，不能提高反应物的平衡转化率，D 错误。

5. (2018 年江苏卷) 下列说法正确的是

- A. 氢氧燃料电池放电时化学能全部转化为电能
- B. 反应 $4\text{Fe}(\text{s})+3\text{O}_2(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 常温下可自发进行，该反应为吸热反应
- C. 3 mol H_2 与 1 mol N_2 混合反应生成 NH_3 ，转移电子的数目小于 $6\times 6.02\times 10^{23}$
- D. 在酶催化淀粉水解反应中，温度越高淀粉水解速率越快

【答案】C

【解析】氢氧燃料电池放电时化学能不能全部转化为电能，理论上能量转化率高可达 85%~90%，A 错误；反应 $4\text{Fe}(\text{s})+3\text{O}_2(\text{g})\rightleftharpoons 2\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$ 的 $\Delta S < 0$ ，该反应常温下可自发进行，该反应为放热反应，B 错误； N_2 与 H_2 的反应为可逆反应，3mol H_2 与 1mol N_2 混合反应生成 NH_3 ，转移电子数小于 6mol，转移电子数小于 $6\times 6.02\times 10^{23}$ ，C 正确；酶是一类具有催化作用的蛋白质，酶的催化作用具有的特点是：条件温和、不需加热，具有高度的专一性、高效催化作用，温度越高酶会发生变性，催化活性降低，淀粉水解速率减慢，D 错误。

