



QUANPIN ZHINENGZUOYE

# 智能 作品

高中化学<sup>3</sup>  
选择性必修1

RJ

主编：肖德好

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

## 编写依据

以最新教材为本，以课程标准（2017年版2020年修订）为纲。

## 选题依据

研究新教材新高考趋势下的同步命题特点，选题过程中注重落实基础的同时，更加强调试题的情境性、开放性。

## ▼ 课时作业

细分课时，同步一线教学

增设特色训练，提升方法、规律、综合应用能力

每课时分层训练，满足不同层次学生需求



## ▼ 素养测评卷

单元卷 + 滚动卷 + 模块卷

试卷设置更加合理：知识覆盖到位，科学设置难度系数



# CONTENTS

全品智能作业·化学

## 01 第一章 化学反应的热效应

第一节 反应热	001
第1课时 反应热 焓变	001
第2课时 热化学方程式 燃烧热	003
第二节 反应热的计算	005

## 02 第二章 化学反应速率与化学平衡

第一节 化学反应速率	007
第1课时 化学反应速率	007
第2课时 影响化学反应速率的因素	010
第3课时 活化能	012
第二节 化学平衡	015
第1课时 化学平衡状态	015
第2课时 化学平衡常数	017
第3课时 影响化学平衡的因素	019
第4课时 化学反应速率和化学平衡图像分析	022
第三节 化学反应的方向	025
第四节 化学反应的调控	028
特色训练(一) 活化能 反应历程分析	031
特色训练(二) 化学平衡图像分析	034
特色训练(三) 化学平衡常数的应用	037

## 03 第三章 水溶液中的离子反应与平衡

第一节 电离平衡	040
第1课时 强电解质和弱电解质 弱电解质的电离平衡	040
第2课时 电离平衡常数	043
第二节 水的电离和溶液的 pH	046
第1课时 水的电离 溶液的酸碱性与 pH	046
第2课时 溶液 pH 的计算	049
第3课时 酸碱中和滴定	051

第三节 盐类的水解 .....	054
第1课时 盐类的水解 .....	054
第2课时 影响盐类水解的主要因素 盐类水解的应用 .....	056
第3课时 溶液中粒子浓度大小的比较 .....	059
第四节 沉淀溶解平衡 .....	062
◎ 特色训练(四) 中和滴定拓展 .....	065
◎ 特色训练(五) 电解质溶液的综合应用(一) .....	068
◎ 特色训练(五) 电解质溶液的综合应用(二) .....	071

## 04

### 第四章 化学反应与电能

第一节 原电池 .....	074
第1课时 原电池的工作原理 .....	074
第2课时 化学电源 .....	077
第二节 电解池 .....	080
第1课时 电解原理 .....	080
第2课时 电解原理的应用 .....	083
第三节 金属的腐蚀与防护 .....	086
◎ 特色训练(六) 电化学突破 .....	088

■ 参考答案 .....	091
--------------	-----

#### ◆ 素养测评卷 ◆

单元素养测评卷(一) A [范围: 第一章] .....	卷 1
单元素养测评卷(一) B [范围: 第一章] .....	卷 3
单元素养测评卷(二) A [范围: 第二章] .....	卷 5
单元素养测评卷(二) B [范围: 第二章] .....	卷 7
阶段素养测评卷 [范围: 第一、二章] .....	卷 9
单元素养测评卷(三) A [范围: 第三章] .....	卷 11
单元素养测评卷(三) B [范围: 第三章] .....	卷 13
单元素养测评卷(四) A [范围: 第四章] .....	卷 15
单元素养测评卷(四) B [范围: 第四章] .....	卷 17
模块素养测评卷 .....	卷 19
参考答案 .....	卷 21

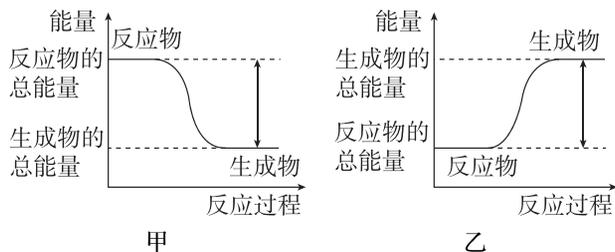
# 第一章 化学反应的热效应

## 第一节 反应热

### 第1课时 反应热 焓变

#### 学习理解

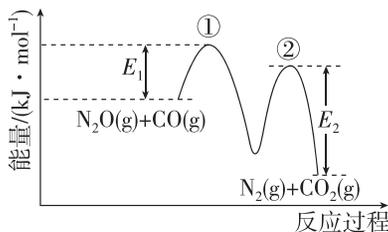
1. [2023·湖南岳阳检测] 日本福岛核电站核污水的排放引起世界广泛关注,核污水的主要来源是核反应堆的冷却水,因为核燃料棒内仍在衰变而持续发热。工作人员通过专用管道向反应堆注水,部分冰块也被运送到核反应堆内部,融化后的冰水可以进一步降低反应堆的温度。下列说法正确的是( )
- A. 核反应堆内发生的核反应为放热的化学反应  
B. 注冰降温因为冰融化为水的过程为吸热反应  
C. 核能的应用对人类存在着很大的安全隐患,应停止核能的开发使用  
D. 核废水中含有的氚与 ${}^2_1\text{H}$ 互为同位素
2. [2023·河北石家庄质检] 下列有关化学反应和能量变化的说法正确的是( )



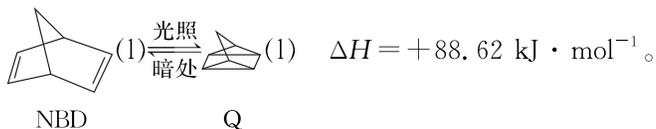
- A. 图甲表示的是吸热反应的能量变化  
B. 图乙中反应物比生成物稳定  
C. 图乙可以表示氧化钙与水反应的能量变化  
D. 图甲不需要加热就一定能发生,图乙一定需要加热才能发生
3. 实验设计的科学性反映了实验者的科学素养。下列有关测定中和反应反应热的实验,说法正确的是( )
- A. 用温度计测量酸溶液的温度后立即测量碱溶液的温度  
B. 为了使反应充分,可以向酸(碱)中分次加入碱(酸)  
C. 为了加快反应速率,减小实验误差,应使用玻璃搅拌器搅拌  
D. 测定中和反应反应热时可用稀醋酸和氢氧化钡稀溶液

#### 应用实践

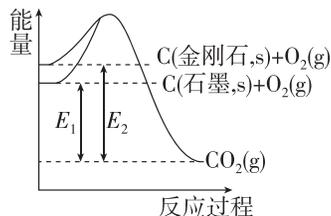
4. [2023·山东烟台一中期末]  $\text{N}_2\text{O}$  和  $\text{CO}$  反应可转化为无毒气体: $\text{N}_2\text{O}(\text{g})+\text{CO}(\text{g})\xrightleftharpoons{\text{催化剂}}\text{N}_2(\text{g})+\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H$ 。已知该反应分两步进行,反应过程中能量变化如图所示。下列说法正确的是( )



- A.  $\Delta H = E_1 - E_2$   
B. 改变反应条件可改变  $\Delta H$  的值  
C.  $\Delta H < 0$ , 故反应无需加热即可发生  
D. 反应①的焓变  $\Delta H_1$  小于反应②的焓变  $\Delta H_2$
5. [2023·山东青岛58中月考] 利用某些有机物之间的相互转化可以储存太阳能,如原降冰片二烯(NBD)经过太阳光照转化成四环烷(Q),反应原理为

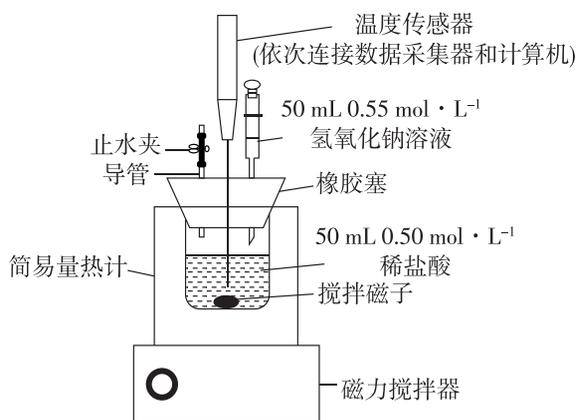


- 下列叙述不正确的是( )
- A. NBD比Q稳定  
B. NBD转化为Q是放热反应  
C. NBD的能量比Q的能量低  
D. NBD与Q互为同分异构体
6. [2024·浙江海盐高级中学月考] 下列说法正确的是( )



- A. 石墨与金刚石之间的转化是物理变化  
B.  $\text{C}(\text{石墨},\text{s})\rightleftharpoons\text{C}(\text{金刚石},\text{s}) \quad \Delta H > 0$   
C. 金刚石的稳定性强于石墨  
D. 断裂1 mol 石墨的化学键吸收的能量比断裂1 mol 金刚石的化学键吸收的能量少

7. [2024·河南创新发展联盟月考] 某教师设计了如图所示装置测定中和反应的反应热,通电后,搅拌磁子能高速转动,三次实验数据如表所示,溶液密度近似为  $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ,溶液比热容为  $4.18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$ ,下列说法中错误的是 ( )



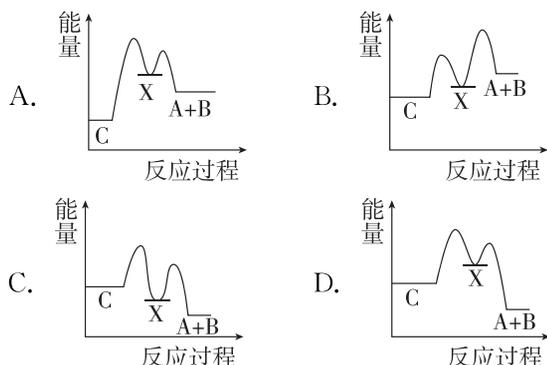
盐酸与氢氧化钠溶液反应时体系的温度变化情况:

实验组号	反应前体系的温度 $T_1/\text{°C}$	反应后体系的温度 $T_2/\text{°C}$	温度差 $(T_2 - T_1)/\text{°C}$
1	20.8	24.1	3.3
2	20.8	24.2	3.4
3	20.9	24.3	3.4

- A. 隔一段时间需打开止水夹放出气体,防止容器内压强过大,但此操作会造成一定的热量损失  
 B.  $50 \text{ mL } 0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的氢氧化钠溶液用注射器多次缓慢注入,以保证盐酸完全反应  
 C. 相同情况下,用醋酸代替盐酸会使测得的  $\Delta H$  偏大  
 D. 该实验测得生成  $1 \text{ mol H}_2\text{O}$  时放出的热量约为  $56.4 \text{ kJ}$

### 迁移创新

8. 反应  $\text{C} \longrightarrow \text{A} + \text{B}$  (反应放热) 分两步进行:  
 ①  $\text{C} \longrightarrow \text{X}$  (反应吸热); ②  $\text{X} \longrightarrow \text{A} + \text{B}$  (反应放热)。  
 能正确表示总反应过程中能量变化的示意图是 ( )



9. [2023·湖南郴州嘉禾一中月考] 随着科学技术的发展,实验仪器也在不断地变革。某化学兴趣小组利用如图所示仪器来进行中和反应反应热的测定实验。



实验原理:

$$K = \frac{IU t}{\Delta T} \quad (K \text{ 为总热容常数,其物理意义是热量计升高 } 1 \text{ K 时所需的热量}), \Delta H =$$

$$-\frac{K \Delta T}{n} \quad (n \text{ 为生成水的物质的量})。$$

实验步骤:

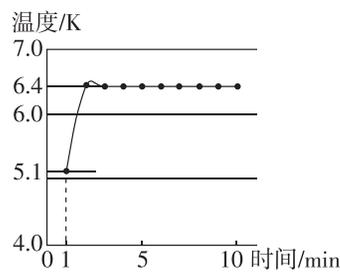
I. 热量计总热容常数  $K$  的测定:

反应瓶中放入  $500.00 \text{ mL}$  蒸馏水,打开磁力搅拌器,搅拌。开启精密直流稳压电流,调节输出电压(电压为  $5 \text{ V}$ )和电流,采集数据,并求出  $K = 2184.6 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

II. 中和反应反应热的测定:

①将反应瓶中的水倒掉,用干布擦干,重新量取  $V \text{ mL}$  蒸馏水注入其中,然后加入  $50.00 \text{ mL } 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ HCl}$  溶液,再取  $50.00 \text{ mL } 1.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ NaOH}$  溶液注入储液管中。

②打开磁力搅拌器,搅拌。每分钟记录一次温差,记录到一分钟时,将玻璃棒提起,使储液管中碱与酸混合反应。继续每分钟记录一次温差,测定 10 分钟。采集数据(如图所示)。



(1)现行教材中和反应反应热的测定实验中不会用到的实验仪器是 \_\_\_\_\_ (填字母),装置中隔热层的作用是 \_\_\_\_\_。

- A. 温度计                      B. 漏斗  
 C. 玻璃搅拌器                D. 量筒

(2)中和反应反应热测定步骤中,所需蒸馏水的体积  $V =$  \_\_\_\_\_; 利用图中数据求得的中和反应反应热  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  (保留 1 位小数)。

(3)上述结果与  $-57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  有偏差,产生此偏差的原因可能是 \_\_\_\_\_ (填字母)。

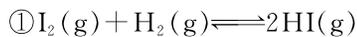
- a. 实验装置保温、隔热效果差  
 b.  $\text{NaOH}$  过量,未反应完  
 c. 配制  $\text{HCl}$  溶液时,定容时俯视读数  
 d. 搅拌不充分,盐酸未反应完

(4)若用  $50.00 \text{ mL } 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  稀硫酸与  $50.00 \text{ mL } 1.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Ba}(\text{OH})_2$  溶液来测定中和反应反应热,则所测得中和反应反应热  $\Delta H$  可能 \_\_\_\_\_ (填“偏高”“偏低”或“无影响”),其原因是 \_\_\_\_\_。

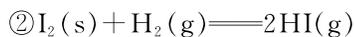
## 第2课时 热化学方程式 燃烧热

### 学习理解

1. 根据碘与氢气反应的热化学方程式



$$\Delta H = -9.48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = +26.48 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

下列判断正确的是 ( )

- A. 254 g  $\text{I}_2(\text{g})$ 中通入 2 g  $\text{H}_2(\text{g})$ ,反应放热 9.48 kJ  
 B. 1 mol 固态碘与 1 mol 气态碘所含的能量相差 17.00 kJ  
 C. 4 mol  $\text{HI}(\text{g})$ 分解为  $\text{I}_2(\text{g})$ 和  $\text{H}_2(\text{g})$ 吸收 9.48 kJ 能量  
 D. 反应②的反应物总能量比反应①的反应物总能量低

2. 下列关于热化学方程式的描述或结论正确的是 ( )

选项	已知热化学方程式	有关描述或结论
A	$3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{O}_3(\text{g})$ $\Delta H = +242.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	氧气的能量比臭氧的高
B	$\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ $\Delta H > 0$	丙烷比乙烯稳定
C	$\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	含 10.0 g NaOH 的稀溶液与稀盐酸完全中和,放出的热量约为 14.3 kJ
D	$\textcircled{1} 2\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$ $\textcircled{2} 2\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H_2$	$\Delta H_1 > \Delta H_2$

3. [2023·河北石家庄期中] 下列热化学方程式正确的是 ( )

- A. 甲烷的燃烧热为  $890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,则甲烷燃烧的热化学方程式可表示为  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 B. 500 °C、30 MPa 条件下,将 0.5 mol  $\text{N}_2$  和 1.5 mol  $\text{H}_2$  置于密闭容器中充分反应生成  $\text{NH}_3(\text{g})$ ,放热

$$19.3 \text{ kJ}, \text{其热化学方程式为 } \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow[300 \text{ MPa}]{500 \text{ }^\circ\text{C}} 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -38.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- C. 已知在 120 °C、101 kPa 下,1 g  $\text{H}_2$  燃烧生成水蒸气放出 121 kJ 热量,其热化学方程式为  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 D. 25 °C、101 kPa 时,强酸与强碱的稀溶液发生中和反应生成 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  时,放出 57.3 kJ 的热量,硫酸溶液与氢氧化钾溶液反应的热化学方程式为  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

### 应用实践

4. 已知:①101 kPa 时,  $2\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) \quad \Delta H = -221 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  
 ②稀溶液中,  $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

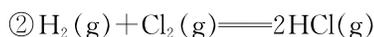
下列说法正确的是 ( )

- A. 反应①的反应热为  $221 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 B. 碳的燃烧热大于  $110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 C. 98% 的浓硫酸与稀氢氧化钠溶液反应生成 1 mol 水时放出 57.3 kJ 的热量  
 D. 稀醋酸与稀氢氧化钠溶液反应生成 1 mol 水时放出 57.3 kJ 的热量

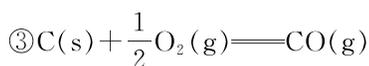
5. [2023·浙江杭州期末] 已知:



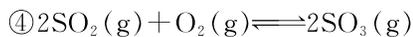
$$\Delta H_1 = -802.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_2 = -184.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_3 = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_4 = -197.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

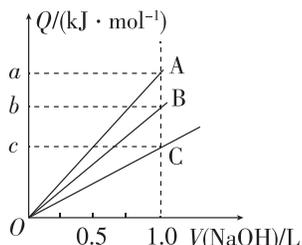
下列说法正确的是 ( )

- A.  $\text{CH}_4$  的燃烧热  $\Delta H$  为  $-802.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 B. 1 mol C 完全燃烧放出的热量大于 110.5 kJ  
 C. 1 g  $\text{H}_2$  在  $\text{Cl}_2$  中完全燃烧放出 184.6 kJ 的热量  
 D. 一定条件下,2 mol  $\text{SO}_2$  与足量  $\text{O}_2$  充分反应放出 197.8 kJ 的热量

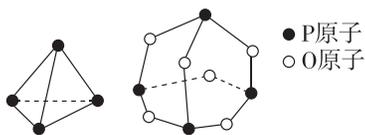
6. 下列关于热化学反应的描述正确的是 ( )

- A. HCl 和 NaOH 反应的反应热  $\Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  反应的反应热  $\Delta H = 2 \times (-57.3) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 甲烷的燃烧热  $\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H < -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- C.  $\text{CO}(\text{g})$  的燃烧热是  $283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $2\text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  反应的  $\Delta H = +566.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 已知:  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $30 \text{ MPa}$  下,  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 2\text{NH}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -92.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 将  $3 \text{ mol H}_2$  和过量的  $\text{N}_2$  在此条件下充分反应, 会放出  $92.4 \text{ kJ}$  热量

7. 强酸与强碱的稀溶液发生中和反应的热化学方程式为  $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。稀醋酸、浓硫酸、稀硝酸分别与  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 NaOH 溶液恰好完全反应, 放出的热量与消耗 NaOH 溶液的体积之间的关系如图所示 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$  电离要吸热)。则下列描述正确的是 ( )



- A. A 表示稀硝酸与 NaOH 溶液的反应
- B. B 表示稀醋酸与 NaOH 溶液的反应
- C.  $b = 5.73$
- D. C 表示浓硫酸与 NaOH 溶液的反应
8. [2024·湖北十堰部分普通高中期中] 已知:
- ①白磷( $\text{P}_4$ )和  $\text{P}_4\text{O}_6$  的分子结构和部分化学键的键能分别如下:



化学键	P—P	O=O	P—O
键能/( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	$a$	$b$	$c$

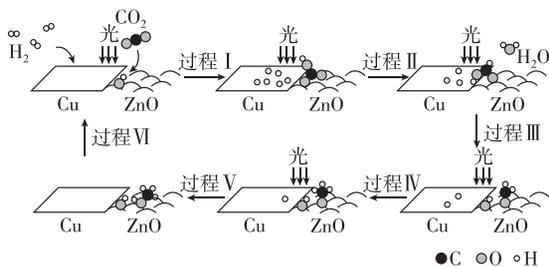
- ②  $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{s}) = 4\text{P}(\text{红磷}, \text{s}) \quad \Delta H = -16.7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 下列说法正确的是 ( )
- A.  $\text{P}_4(\text{白磷}, \text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) = \text{P}_4\text{O}_6(\text{g}) \quad \Delta H = (6a + 3b - 12c) \text{ kJ}$
- B. 等质量的白磷、红磷分别完全燃烧, 放出热量更

多的是白磷

- C. 白磷和红磷互为同位素
- D. 相同条件下白磷比红磷稳定

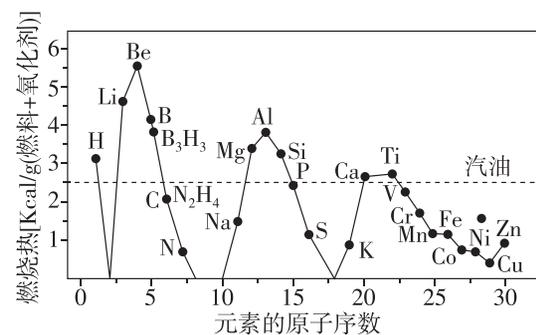
### 迁移创新

9. [2023·江苏连云港测试] 科研人员利用 Cu/ZnO 作催化剂, 在光照条件下实现了  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2$  合成  $\text{CH}_3\text{OH}$ , 该反应过程示意图如下



- 下列说法错误的是 ( )
- A. 过程 I ZnO 表面上进行  $\text{CO}_2$  的吸附与转化
- B. 过程 II 中存在极性键的断裂与形成, 且有  $\text{H}_2\text{O}$  生成
- C. 过程 IV 中有 C—H 形成, 会吸收能量
- D. 总反应的化学方程式是  $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{光}]{\text{Cu/ZnO}} \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$

10. [2023·江苏镇江期中] 纳米金属燃料已应用到生活和高科技领域中。一些原子序数较小的金属、非金属和常用燃料的单位质量燃烧热的比较如图所示。



回答下列问题:

- (1) 结合元素在地壳中的含量, 在单位质量燃烧热大于汽油和氢单质的物质中, 最具发展潜力的两种新型燃料可以是 \_\_\_\_\_ (填元素符号)。这些物质作为燃料使用, 除具有高燃烧热值外, 还具有的优点是 \_\_\_\_\_ (填一项)。
- (2) 金属在较低温度下燃烧的关键技术之一是将其制成纳米颗粒, 使其燃烧更为容易和充分, 其原因是 \_\_\_\_\_。
- (3) Be 粉和  $\text{MnO}_2$  粉末在高温下可以发生反应 (类似铝热反应), 每消耗  $1 \text{ g}$  Be 粉放出  $a \text{ kJ}$  热量, 写出该反应的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

## 第二节 反应热的计算

### 学习理解

1. [2023·江苏徐州期中]  $\Delta_f H_m^\ominus$  为标准摩尔生成焓,其定义为压强为 100 kPa,一定温度下,由稳定相态的单质生成 1 mol 该物质的焓变,而稳定相态单质的  $\Delta_f H_m^\ominus$  为零。 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +164.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,根据表中数据计算,  $a$  为 ( )

物质	$\text{CH}_4(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
$\Delta_f H_m^\ominus / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	-74.8	$a$	-393.5

- A. -376.9                      B. -241.8  
C. -176.9                      D. -164.9

2. [2023·江苏镇江期末] 单斜硫和正交硫是硫的两种同素异形体。已知:① $\text{S}(\text{单斜}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = -297.16 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

② $\text{S}(\text{正交}, \text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{SO}_2(\text{g})$

$\Delta H_2 = -296.83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

下列说法正确的是 ( )

- A.  $\text{S}(\text{单斜}, \text{s}) = \text{S}(\text{正交}, \text{s}) \quad \Delta H_3 = +0.33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
B. 单斜硫比正交硫稳定  
C. 相同物质的量的正交硫比单斜硫所含有的能量低  
D. ①式表示断裂 1 mol  $\text{O}_2$  中的化学键所吸收的能量比形成 1 mol  $\text{SO}_2$  中的化学键所放出的能量多 297.16 kJ

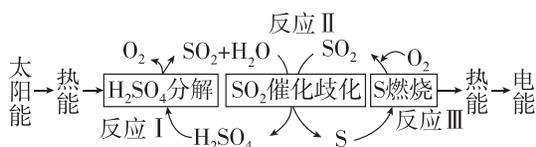
3. 已知  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{l}) = 2\text{HBr}(\text{g}) \quad \Delta H = -72 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,蒸发 1 mol  $\text{Br}_2(\text{l})$  需要吸收的能量为 30 kJ,其他相关数据如下表:

	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{Br}_2(\text{g})$	$\text{HBr}(\text{g})$
1 mol 分子中的化学键断裂时需要吸收的能量/kJ	436	$a$	366

则下列说法不正确的是 ( )

- A.  $2\text{HBr}(\text{g}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{l}) \quad \Delta H > 0$   
B.  $\text{Br}_2(\text{l}) = \text{Br}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +30 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
C.  $a = 194$   
D.  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Br}_2(\text{g}) = 2\text{HBr}(\text{g}) \quad \Delta H = -42 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

4. [2023·山东威海期中] 某科研人员用下列流程实现了太阳能的转化与存储。



反应 I:  $2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) = 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +551 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

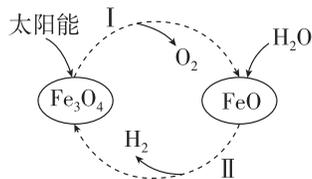
反应 II:  $3\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l}) + \text{S}(\text{s}) \quad \Delta H_2 = -254 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

则能表示  $\text{S}(\text{s})$  的燃烧热的热化学方程式中的  $\Delta H$  为 ( )

- A.  $-297 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$     B.  $-605 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
C.  $+43 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$     D.  $-43 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

### 应用实践

5. [2023·山东泰安期中] 已知:  $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。以太阳能作为热源分解  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,经热化学铁氧化物循环分解水制  $\text{H}_2$  的图示与过程如下:



过程 I: ……

过程 II:  $3\text{FeO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{H}_2(\text{g}) + \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) \quad \Delta H = +129.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

下列说法不正确的是 ( )

- A. 该过程能量转化形式是太阳能→化学能→热能  
B. 过程 I 的热化学方程式为  $\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) = 3\text{FeO}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +156.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
C. 氢气的燃烧热  $\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
D. 铁氧化物循环制  $\text{H}_2$  具有成本低、产物易分离等优点

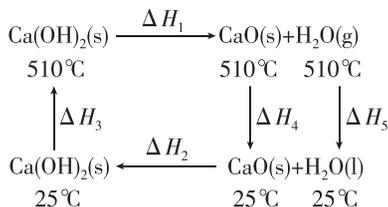
6.  $\text{P}_4\text{S}_3$  可用于制造安全火柴,相关物质的结构及键能如表所示。

共价键	S—S	P—P	P—S
键能/ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	$a$	$b$	$c$

则反应  $\frac{3}{8}\text{S}_8(\text{g}) + \text{P}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{P}_4\text{S}_3(\text{g})$  的  $\Delta H$  为 ( )

- A.  $(a+b-c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 B.  $(c-a-b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 C.  $(3a+3b-6c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 D.  $3(2c-b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

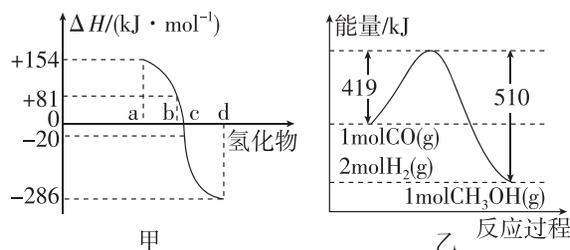
7. [2023·山东济南期中] 根据  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{CaO}$  体系的能量循环图, 下列说法正确的是 ( )



- A.  $\Delta H_5 > 0$   
 B.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$   
 C.  $\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 = 0$   
 D.  $\Delta H_3 = \Delta H_4 + \Delta H_5$

### 迁移创新

8. [2023·浙江金华期中] 热力学标准态(298.15 K、101 kPa)下, 由稳定单质发生反应生成 1 mol 化合物的反应热叫作该化合物的生成热( $\Delta H$ )。图甲为第 VI A 族元素氢化物 a、b、c、d 的生成热数据示意图。试回答下列问题。



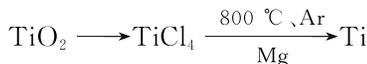
(1) ① 请你归纳非金属元素氢化物的稳定性与氢化物的生成热  $\Delta H$  的关系: \_\_\_\_\_。

② 硒化氢在上述条件下发生分解反应的热化学方程式为 \_\_\_\_\_。

(2) 在  $25^\circ\text{C}$ 、101 kPa 下, 已知  $\text{SiH}_4$  气体在  $\text{O}_2$  中完全燃烧后恢复至原状态, 平均每转移 1 mol 电子放热 190.0 kJ, 该反应的热化学方程式是 \_\_\_\_\_。

(3) 根据图乙写出反应  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$  的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(4) 由金红石( $\text{TiO}_2$ )制取单质 Ti 的步骤为



已知: I.  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$

$$\Delta H = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

II.  $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g})$

$$\Delta H = -566 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

III.  $\text{TiO}_2(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{TiCl}_4(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g})$

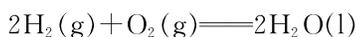
$$\Delta H = +141 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

①  $\text{TiO}_2(\text{s}) + 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{C}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{TiCl}_4(\text{s}) + 2\text{CO}(\text{g})$  的  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_。

② 反应  $\text{TiCl}_4 + 2\text{Mg} \xrightarrow{800^\circ\text{C}} 2\text{MgCl}_2 + \text{Ti}$  在 Ar 气氛中进行的理由是 \_\_\_\_\_。

9. [2023·山西晋中平遥二中质检] 运载火箭的第三级使用的推进剂是液氢和液氧。

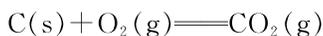
已知下面在 298 K 时的热化学方程式:



$$\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

根据上面的热化学方程式, 回答下列问题。

(1) 通过计算说明等质量的  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}$  完全燃烧时放出热量最多的是 \_\_\_\_\_ (填化学式), 等物质的量  $\text{H}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}$  完全燃烧时放出热量最多的是 \_\_\_\_\_ (填化学式)。

(2) 根据以上反应, 则  $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g})$  的焓变  $\Delta H =$  \_\_\_\_\_。

(3) 已知  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = +44.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 试写出甲烷燃烧生成二氧化碳和水蒸气的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(4) 若混合物  $\text{H}_2(\text{g})$  和  $\text{CH}_4(\text{g})$  的总物质的量为 3 mol, 且完全燃烧放出 2 066.4 kJ 的能量, 则  $n(\text{H}_2) : n(\text{CH}_4) =$  \_\_\_\_\_。

## 第二章 化学反应速率与化学平衡

### 第一节 化学反应速率

#### 第1课时 化学反应速率

##### 学习理解

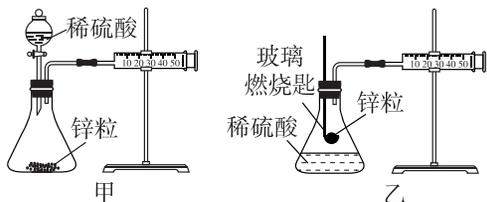
1. 化学反应的速率是通过实验测定的。下列说法错误的是 ( )

- A. 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液和  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  溶液反应, 可以通过记录溶液褪色时间来测定反应速率
- B. 锌与稀硫酸反应, 可以通过测量一定时间内产生的  $\text{H}_2$  体积来计算反应速率
- C. 可以依靠科学仪器测量光的吸收、光的发射、导电能力等来测定反应速率
- D. 恒温恒容条件下发生反应:  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ , 可以通过测量单位时间内压强的变化来测定反应速率

2. 下列测量化学反应速率的依据不可行的是 ( )

选项	化学反应	测量依据 (单位时间内)
A	$2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$	溶液颜色变化
B	$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$	沉淀质量变化
C	$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$	温度、体积一定时, 体系压强变化
D	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HI} \rightleftharpoons \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	溶液体积一定时, $\text{I}^-$ 的浓度变化

3. [2023·山东龙口一中检测] 用甲、乙两装置测定锌与稀硫酸的反应速率。下列说法错误的是 ( )



- A. 甲、乙两实验均需要秒表
- B. 实验前将乙装置注射器活塞外拉, 放开后若回到原位, 说明气密性良好
- C. 其他条件相同时, 乙装置所测速率比甲装置误差小

D. 甲、乙装置通过测定单位时间内锌的质量变化测定反应速率

4. [2023·河南新乡一中月考] 对于可逆反应  $\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{s}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 3\text{D}(\text{g})$ , 在不同条件下的化学反应速率如下, 其中表示的反应速率最快的是 ( )

- A.  $v(\text{A}) = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B.  $v(\text{B}) = 1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- C.  $v(\text{C}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- D.  $v(\text{D}) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

5. 反应  $4\text{M}(\text{s}) + 3\text{N}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{P}(\text{g}) + \text{Q}(\text{g})$ , 经 2 min 后 N 的浓度减少了  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列说法正确的是 ( )

- A. 用 M 表示的反应速率是  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 2 min 末, 用 N 表示的反应速率是  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- C. 分别用 N、P、Q 表示的反应速率, 其比是 3 : 2 : 1
- D. 在 2 min 内, N 和 P 两物质的浓度是逐渐减小的

6. [2023·广东珠海检测] 取 50 mL 过氧化氢水溶液, 在少量  $\text{I}^-$  存在下分解,  $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。在一定温度下, 测得  $\text{O}_2$  的放出量, 转换成  $\text{H}_2\text{O}_2$  浓度 ( $c$ ) 如下表:

$t/\text{min}$	0	20	40	60	80
$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.80	0.40	0.20	0.010	0.050

下列说法错误的是 ( )

- A. 第 30 min 时的瞬时速率小于第 50 min 时的瞬时速率
- B.  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$  都可代替  $\text{I}^-$  作  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的催化剂
- C. 反应 20 min 时, 测得  $\text{O}_2$  体积为 224 mL (标准状况)
- D. 20 ~ 40 min, 消耗  $\text{H}_2\text{O}_2$  的平均反应速率为  $0.010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

##### 应用实践

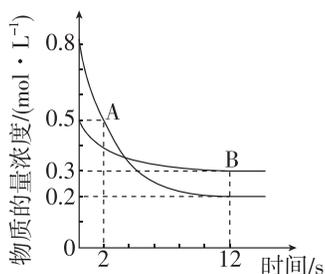
7. 反应  $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$  的速率方程可表示为  $v = k \cdot c^m(\text{CO}) \cdot c^n(\text{NO}_2)$ , 其中  $k$  为与温度有关的常数, 实验测得反应在 650 K 时的数据如下:

实验编号	$c(\text{CO})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{NO}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$v/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$
①	0.025	0.040	$2.2 \times 10^{-4}$
②	0.050	0.040	$4.4 \times 10^{-4}$
③	0.025	0.120	$6.6 \times 10^{-4}$
④	$x$	$y$	$8.8 \times 10^{-4}$
⑤	0.100	0.160	$z$

下列说法错误的是 ( )

- A.  $m=n=1$   
 B. 650 K 时  $k=0.22 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
 C. 若  $x=0.50$ , 则  $y=0.080$   
 D.  $z=3.52 \times 10^{-3}$

8. [2023·湖北襄阳检测] 某温度下,在 2 L 密闭容器中投入一定量的 A、B 发生反应:  $3\text{A}(\text{g}) + b\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons c\text{C}(\text{g})$   $\Delta H = -Q \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (Q > 0)$ 。12 s 时反应达到平衡,生成 C 的物质的量为 0.8 mol,反应过程中 A、B 的物质的量浓度随时间的变化关系如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. 前 12 s 内, A 的平均反应速率为  $0.025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
 B. 12 s 后, A 的消耗速率等于 B 的生成速率  
 C. 化学计量数之比  $b:c=1:2$   
 D. 12 s 内, A 和 B 反应放出的热量为  $0.2Q \text{ kJ}$

9. [2023·江苏无锡一中检测] 反应速率和反应物浓度的关系是用实验的方法测定的, 化学反应  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$  的反应速率  $v$  可表示为  $v = kc^m(\text{H}_2) \cdot c^n(\text{Cl}_2)$ , 式中  $k$  为常数,  $m$ 、 $n$  的值可用表中数据确定。

$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{Cl}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$v/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$
1.0	1.0	$1.0k$
2.0	1.0	$2.0k$
2.0	4.0	$4.0k$

由此可推得  $m$ 、 $n$  的值分别为 ( )

- A.  $m=1, n=1$       B.  $m=\frac{1}{2}, n=\frac{1}{2}$

- C.  $m=\frac{1}{2}, n=1$       D.  $m=1, n=\frac{1}{2}$

10. [2023·湖南岳阳期末] 一定温度下,在 1 L 的恒容密闭容器中发生反应:  $\text{X}(\text{g}) + 2\text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{Z}(\text{g})$ 。反应过程中的部分数据如表所示:

$t/\text{min}$	$n(\text{X})/\text{mol}$	$n(\text{Y})/\text{mol}$	$n(\text{Z})/\text{mol}$
0	1.0	1.2	0
5			0.6
10	0.7		
15		0.6	

下列说法正确的是 ( )

- A. 5~10 min 用 Y 表示的平均反应速率为  $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 B. 10~15 min 反应没有达到平衡  
 C. 达到平衡状态时,  $c(\text{Z})=0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 D. X 的平衡转化率为 30%

11. 反应  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -905.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 在 5 L 密闭容器中投入 1 mol  $\text{NH}_3$  和 1 mol  $\text{O}_2$ , 2 min 后 NO 的物质的量增加了 0.4 mol, 下列说法正确的是 ( )

- A. 0~2 min 内  $v(\text{O}_2)=0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 B. 2 min 内  $\text{O}_2$  的转化率是 60%  
 C. 2 min 末  $c(\text{H}_2\text{O})=0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 D. 2 min 反应放出的热量值等于 90.59 kJ

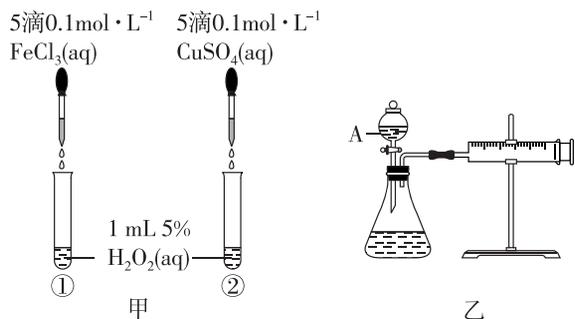
12. [2023·江苏沛县检测]  $3\text{I}^- + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} \rightleftharpoons \text{I}_3^- + 2\text{SO}_4^{2-}$  的反应速率可以用加入的淀粉溶液遇  $\text{I}_3^-$  显蓝色的时间  $t$  来度量,  $t$  越小, 反应速率越大。反应的速率方程为  $v = kc^m(\text{I}^-)c^n(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$  ( $k$  为速率常数,  $m$ 、 $n$  为常数)。某探究性学习小组在 20 °C 进行实验, 得到的数据如下表, 以下说法不正确的是 ( )

实验编号	①	②	③	④	⑤
$c(\text{I}^-)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.040	0.080	0.080	0.160	0.120
$c(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.040	0.040	0.080	0.020	0.080
$t/\text{s}$	88.0	44.0	22.0	44.0	$t_1$

- A. 该反应的速率与反应物起始浓度的乘积成正比  
 B.  $m=n=1$   
 C. 速率常数  $k$  仅与温度有关, 与催化剂无关  
 D.  $t_1=14.7 \text{ s}$

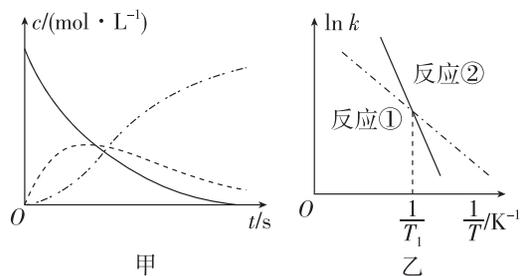
13. 为比较  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Cu}^{2+}$  对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解反应的催化效果, 甲、乙两位同学分别设计了如图甲、乙所示实

验。下列叙述中不正确的是 ( )



- A. 图甲所示实验可通过观察产生气泡的快慢来比较反应速率的大小  
 B. 相同环境下若图甲所示实验中反应速率为①>②,则一定说明  $\text{Fe}^{3+}$  比  $\text{Cu}^{2+}$  对  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解催化效果好  
 C. 用图乙所示装置测定反应速率,可以测定反应产生的气体体积  
 D. 为检查图乙所示装置的气密性,可关闭 A 的活塞,将注射器活塞拉出一定距离,一段时间后松开活塞,观察活塞是否回到原位

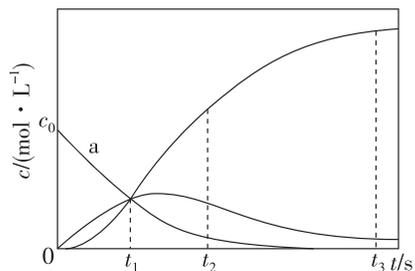
14. [2023·宁阳一中检测] 恒温恒容条件下,向密闭容器中加入一定量 X,发生反应的方程式为①  $\text{X} \rightleftharpoons \text{Y}$ ;②  $\text{Y} \rightleftharpoons \text{Z}$ 。反应①的速率  $v_1 = k_1 c(\text{X})$ ,反应②的速率  $v_2 = k_2 c(\text{Y})$ ,式中  $k_1, k_2$  为速率常数。图甲为该体系中 X、Y、Z 浓度随时间变化的曲线,图乙为反应①和②的  $\ln k \sim \frac{1}{T}$  曲线。下列说法错误的是 ( )



- A. 温度低于  $T_1$  时,总反应速率由反应②决定  
 B. 随着  $c(\text{X})$  的减小,反应②的速率先增大后减小  
 C. 体系存在的速率关系: $v(\text{X}) = v(\text{Y}) + v(\text{Z})$   
 D. 欲提高 Y 的产率,需降低反应温度且控制反应时间

### 迁移创新

15. [2023·浙大附中检测] 反应  $\text{X} \rightleftharpoons 2\text{Z}$  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, $c(\text{Z}) = 2c_0 - c(\text{Y})$

16. I. 在容积为 2 L 的恒容密闭容器中进行如下反应: $\text{A}(\text{g}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g}) + n\text{D}(\text{g})$ 。开始时 A 为 4 mol,B 为 6 mol。5 min 末测得 C 的物质的量为 3 mol,D 的平均反应速率  $v(\text{D}) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,请回答:

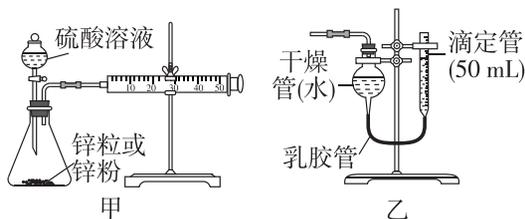
- (1) 5 min 末 A 的物质的量浓度为 \_\_\_\_\_。  
 (2) 前 5 min 内用 B 表示的平均反应速率  $v(\text{B}) =$  \_\_\_\_\_, $v(\text{C}) =$  \_\_\_\_\_。  
 (3) 前 5 min 内 A 的转化率为 \_\_\_\_\_。  
 (4) 化学方程式中  $n$  的值为 \_\_\_\_\_。

(5) 此反应在四种不同情况下的反应速率分别如下:

- ①  $v(\text{A}) = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 ②  $v(\text{B}) = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 ③  $v(\text{C}) = 4.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
 ④  $v(\text{D}) = 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

其中反应速率最快的是 \_\_\_\_\_ (填编号)。

II. 测定  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的硫酸溶液与锌粒或锌粉反应的速率,设计如图所示装置:



(6) 图甲装置中盛放硫酸溶液的仪器名称是 \_\_\_\_\_。

(7) 按照图甲所示装置实验时,限定了两次实验时间均为 10 min,还需要测定的另一个数据是 \_\_\_\_\_。

(8) 若将图甲所示装置中的气体收集装置改为图乙,实验完毕待冷却后,准备读取滴定管中液面所处的刻度时,发现滴定管中的液面高于干燥管中的液面,应首先采取的操作是 \_\_\_\_\_。

## 第 2 课时 影响化学反应速率的因素

### 学习理解

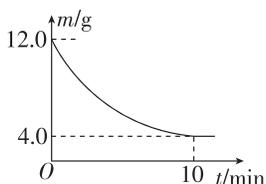
1. [2023·辽宁朝阳凌源实验中学月考] 已知  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightleftharpoons 2\text{NaCl} + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ , 现将下列 4 种盐酸, 分别加到 4 支盛有 0.1 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  溶液的试管中, 并加水稀释到 5 mL, 混合后到能观察到明显浑浊现象所需要的时间最少的是 ( )

- A. 2 mL,  $0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$     B. 2 mL,  $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
C. 1 mL,  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$     D. 1 mL,  $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

2. [2023·江西景德镇乐平中学月考] 用锡箔与  $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸制  $\text{SnCl}_2$  的反应速率较慢, 下列措施能加快反应速率的是 ( )

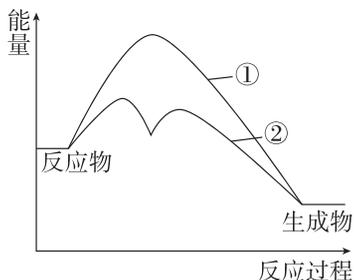
- ①用锡块代替锡箔    ②将反应液适当加热    ③向反应液中滴入少量  $\text{CuCl}_2$  溶液    ④用浓盐酸代替  $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸    ⑤再加入 50 mL  $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸  
A. ①②③④                      B. ②③④  
C. ②③④⑤                      D. ①②③⑤

3. [2023·河南洛阳联考] 在一定条件下, 向 2 L 密闭容器中加入一定量的  $\text{MgSO}_4$  和  $\text{CO}$  发生反应:  $\text{MgSO}_4(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{MgO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g})$ . 反应时间与残留固体质量的关系如图所示. 下列说法正确的是 ( )



- A. 升高温度时, 正反应速率增大, 逆反应速率减小  
B. 随着反应的进行, 混合气体的平均相对分子质量增大  
C. 增大硫酸镁的质量时, 正反应速率将增大  
D. 在 0~10 min 内,  $v(\text{CO}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

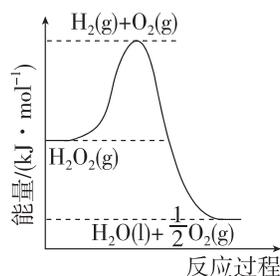
4. 向  $\text{H}_2\text{O}_2$  溶液中加入少量  $\text{KI}$  溶液, 反应历程是 i.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{IO}^-$ ; ii.  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{IO}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow + \text{I}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解反应过程中不加  $\text{KI}$  溶液和加入  $\text{KI}$  溶液的能量变化如下图所示. 下列判断不正确的是 ( )



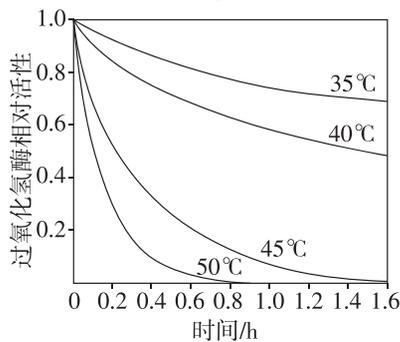
- A.  $\text{KI}$  是  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的催化剂  
B. 曲线②代表加入  $\text{KI}$  的能量图  
C.  $\text{KI}$  能增大  $\text{H}_2\text{O}_2$  的分解速率  
D. 反应 i 是放热反应, 反应 ii 是吸热反应

### 应用实践

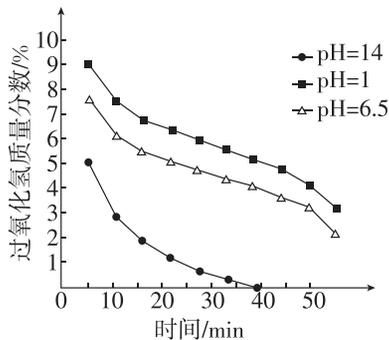
5. [2023·山东滕州一中检测]  $\text{H}_2\text{O}_2$  是一种强氧化剂, 能分解成  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{O}_2$ . 图甲表示  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解时能量与反应过程的关系, 图乙表示  $\text{H}_2\text{O}_2$  酶的相对活性与温度、时间的关系, 图丙表示相同浓度的  $\text{H}_2\text{O}_2$  在  $T^\circ\text{C}$  时分解过程中  $\text{H}_2\text{O}_2$  的质量分数与时间及  $\text{pH}$  的关系。



甲



乙



丙

- 下列相关说法正确的是 ( )
- A. 反应  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$  为吸热反应  
B. 1 mol  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$  转化为  $\text{H}_2(\text{g})$  和  $\text{O}_2(\text{g})$  需吸收  $[2E(\text{O}-\text{H}) + E(\text{O}=\text{O})]$  kJ 能量  
C. 相同浓度的  $\text{H}_2\text{O}_2$  用过氧化氢酶催化时, 温度越高分解速率一定越快  
D. 其他条件一定时, 强碱性条件有利于  $\text{H}_2\text{O}_2$  的分解



## 第3课时 活化能

### 学习理解

1. [2023·天津汇文中学月考] 对于有气体参加的化学反应来说,下列说法不正确的是 ( )
- A. 压缩容器容积,增大压强,活化分子百分数不变,化学反应速率增大
- B. 升高温度,活化分子百分数增大,化学反应速率增大
- C. 加入反应物,活化分子百分数增大,化学反应速率增大
- D. 使用催化剂,降低反应所需的活化能,活化分子百分数增大,化学反应速率增大

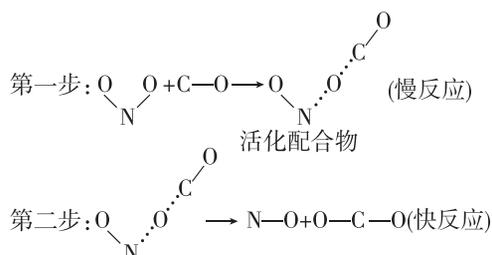
2. [2023·山东北镇中学检测] 已知反应  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = -752 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  的反应机理如下:

- ①  $2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2(\text{g})$  (快)
- ②  $\text{N}_2\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  (慢)
- ③  $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$  (快)

下列有关说法错误的是 ( )

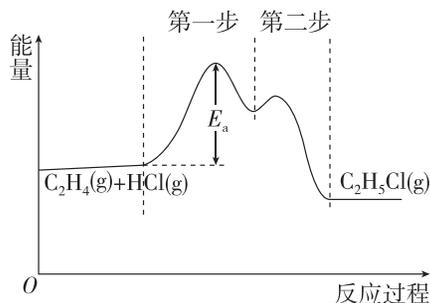
- A. 反应②的活化能最大
- B. 反应②中  $\text{N}_2\text{O}_2$  与  $\text{H}_2$  的碰撞仅部分有效
- C.  $\text{N}_2\text{O}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}$  是该反应的催化剂
- D. 总反应中逆反应的活化能比正反应的活化能大

3. [2023·山东龙口一中检测] 过渡态理论认为化学反应不是通过反应物分子的简单碰撞完成的。在反应物分子生成产物分子的过程中,首先生成一种高能量的活化配合物,高能量的活化配合物再进一步转化为产物分子。按照过渡态理论,  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$  的反应历程如下,下列有关说法正确的是 ( )



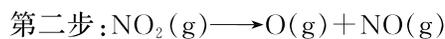
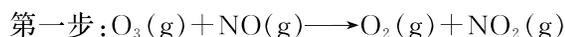
- A. 第二步活化配合物之间的碰撞一定是有效碰撞
- B. 活化配合物的能量越高,第一步的反应速率越快
- C. 第一步反应需要吸收能量
- D. 该反应的反应速率主要取决于第二步反应

4. 乙烯与氯化氢气体催化加成反应的能量与反应过程的关系如图所示,下列说法正确的是 ( )

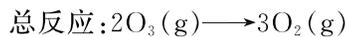


- A. 第一步反应比第二步反应快
- B. 两步反应的  $\Delta H$  均小于 0
- C. 第一步的逆反应活化能比第二步的逆反应活化能小
- D. 催化剂可以使该反应的速率和焓变均增大

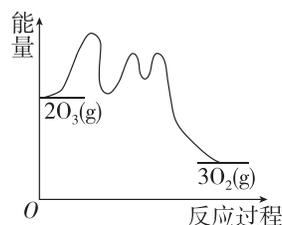
5. [2023·山东潍坊一中检测]  $\text{NO}$  催化  $\text{O}_3$  分解的反应机理如下:



第三步: \_\_\_\_\_

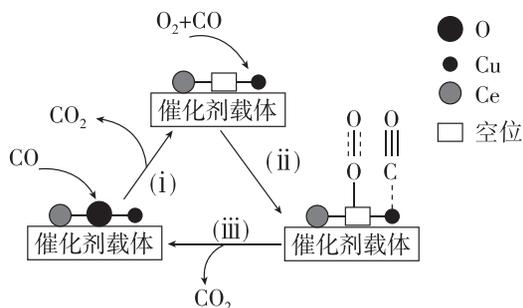


其能量与反应过程的关系如图所示。下列叙述不正确的是 ( )



- A. 第一步基元反应是该反应的决速步骤
- B. 第二步反应断裂的化学键只有共价键
- C. 第三步反应的反应机理为  $\text{O}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow 2\text{O}_2(\text{g})$
- D. 催化剂  $\text{NO}$  改变了总反应的反应历程和焓变

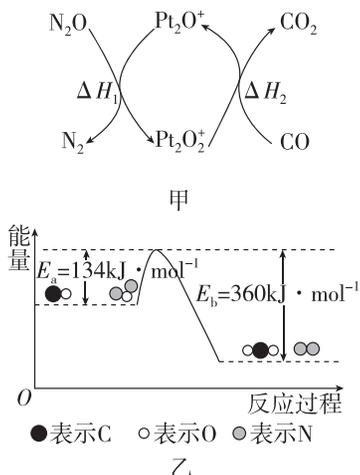
6. 利用铜-铈氧化物 ( $x\text{CuO}-y\text{CeO}_2$ ,  $\text{Ce}$  是活泼金属) 催化氧化除去  $\text{H}_2$  中少量  $\text{CO}$  的可能机理如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A. 反应(Ⅲ)中 Cu、Ce 化合价均未改变  
 B. 反应一段时间后催化剂活性下降,可能是 CuO 被还原成 Cu 所致  
 C. 若用  $^{18}\text{O}_2$  参与反应,一段时间后,  $^{18}\text{O}$  不可能出现在铜-铈氧化物中  
 D. 铜-铈氧化物减小了反应  $2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g})$  的反应热

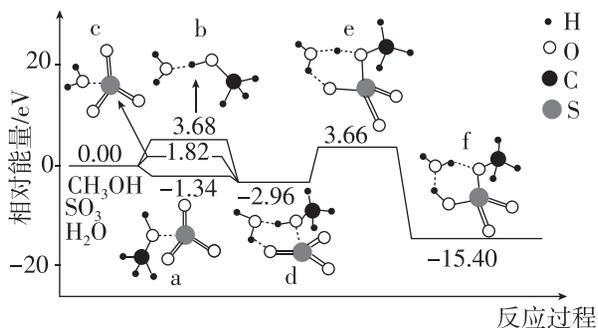
### 应用实践

7. [2023·山东平度一中检测]  $\text{N}_2\text{O}$  和  $\text{CO}$  是环境污染性气体,可在  $\text{Pt}_2\text{O}^+$  表面转化为无害气体,其反应原理为  $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$   $\Delta H$ ,有关化学反应的物质变化过程及能量变化过程分别如图甲、乙所示。下列说法不正确的是 ( )



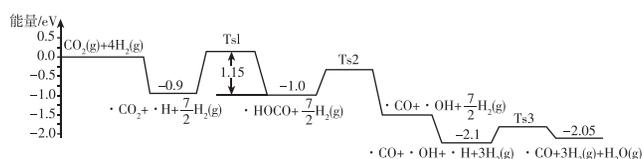
- A.  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$   
 B.  $\Delta H = -226 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 C. 该反应正反应的活化能小于逆反应的活化能  
 D. 为了实现转化,需不断向反应器中补充  $\text{Pt}_2\text{O}^+$  和  $\text{Pt}_2\text{O}_2^+$

8. 甲醇与  $\text{SO}_3$  在有水条件下生成硫酸氢甲酯的部分反应过程如图所示。  $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{SO}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OSO}_3\text{H}(\text{g})$ ,其中粒子间的静电作用力用“...”表示。下列说法错误的是 ( )



- A. 水合  $\text{CH}_3\text{OH}$  分子比水合  $\text{SO}_3$  分子更稳定  
 B. 反应过程中最大能垒(活化能)为  $6.62 \text{ eV}$   
 C. d 到 f 转化的实质为质子转移  
 D. 在反应过程中,水起催化作用

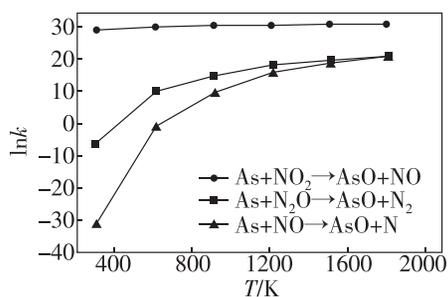
9. 科学研究人员结合实验与计算机模拟结果,研究了在  $\text{Pt}/\text{SiO}_2$  催化剂表面上  $\text{CO}_2$  与  $\text{H}_2$  的反应历程,前三步历程如图所示。其中吸附在  $\text{Pt}/\text{SiO}_2$  催化剂表面上的物种用“·”标注,  $\text{T}_s$  表示过渡态。下列有关叙述不正确的是 ( )



- A.  $\cdot\text{HOCO}$  转化为  $\cdot\text{CO}$  和  $\cdot\text{OH}$  为吸热过程  
 B. 形成过渡态  $\text{T}_{s1}$  的活化能(能垒)为  $1.05 \text{ eV}$   
 C. 前三步总反应的  $\Delta H < 0$ ,总反应的化学反应速率由第一步反应决定  
 D. 历程中活化能最小的反应方程式为  $\cdot\text{CO} + \cdot\text{OH} + \text{H} + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \cdot\text{CO} + 3\text{H}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

10. [2023·山东枣庄一中检测] 某课题组研究煤燃烧过程中氮氧化物与砷反应的微观机理,得到如下数据和图像。已知:反应速率为反应物浓度和速率常数  $k$  的函数,  $E_a$  为活化能。对于所研究的三个反应,下列说法错误的是 ( )

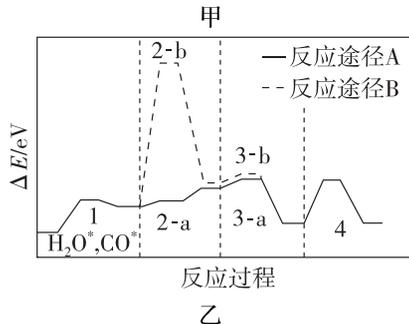
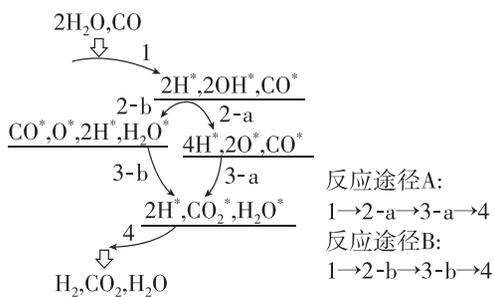
反应	$E_a / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$
$\text{As} + \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{AsO} + \text{N}_2$	78.45
$\text{As} + \text{NO}_2 \rightarrow \text{AsO} + \text{NO}$	2.58
$\text{As} + \text{NO} \rightarrow \text{AsO} + \text{N}$	155.85



- A. 相同条件下的氧化性:  $\text{NO}_2 > \text{NO}$   
 B. 相同条件下,As 与  $\text{NO}$  的反应速率最慢  
 C. 升高温度能增大 As 与  $\text{N}_2\text{O}$  反应的活化能  
 D. 其他条件不变,改变温度不能显著改变 As 与  $\text{NO}_2$  的反应速率

### 迁移创新

11. [2023·河南创新发展联盟阶段检测] 氢能是清洁的二次能源,水煤气的变换反应  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$  是一种重要的制氢手段,金基二元合金团簇 ( $\text{Au}_{12}\text{Cu}$ ) 催化水煤气变换反应发生的氧化还原机理有 A 和 B 两种途径。( \* 表示物质吸附在催化剂上)



下列有关说法正确的是 ( )

①反应 1 发生:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^* + \text{H}^*$ , 该反应为放热反应

②2-a 中发生的反应与 2-b 中发生的反应机理相同

③反应 3-a 和 3-b 中活性  $\text{O}^*$  氧化吸附在团簇上的  $\text{CO}^*$  得到  $\text{CO}_2^*$

④根据图乙, 水煤气在  $\text{Au}_{12}\text{Cu}$  上进行变换反应, 按反应途径 A 更容易进行

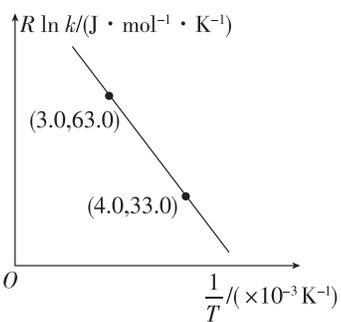
A. ①② B. ②③ C. ③④ D. ①④

12. 已知反应的活化能  $E_a$  和速率常数  $k$  满足 Arrhenius

公式  $R \ln k = -\frac{E_a}{T} + C$  (其中  $R, C$  为常数)。

一定条件下, 反应  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$

的  $R \ln k \sim \frac{1}{T}$  关系如下图。



(1) 该反应的活化能  $E_a =$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 当用更高效催化剂时, 请在图中画出  $R \ln k$  与  $\frac{1}{T}$  关系的曲线。

13. [2023 · 长春外国语学校月考] 汽车尾气中含有  $\text{CO}, \text{NO}$  等有害气体, 某新型催化剂能促使  $\text{NO}, \text{CO}$  发生如下反应  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{CO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ , 将  $\text{NO}, \text{CO}$  转化为无毒气体。回答下列问题:

(1) 为了测定在该催化剂作用下的反应速率, 在某温度下用气体传感器测得不同时间的  $\text{NO}$  和  $\text{CO}$  浓度如表:

时间/min	$c(\text{NO})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{CO})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
0	$1.00 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-3}$
0.5	$4.50 \times 10^{-4}$	$3.05 \times 10^{-3}$
1	$2.5 \times 10^{-4}$	$2.85 \times 10^{-3}$
1.5	$1.50 \times 10^{-4}$	$2.75 \times 10^{-3}$
2	$1.00 \times 10^{-4}$	$2.70 \times 10^{-3}$
2.5	$1.00 \times 10^{-4}$	$2.70 \times 10^{-3}$

前 2 min 内的平均反应速率  $v(\text{CO}_2) =$  \_\_\_\_\_。0~1 min 和 1~2 min 时间段内反应速率变化的主要原因是 \_\_\_\_\_。

(2) 研究表明: 在使用等质量催化剂时, 增大催化剂比表面积可提高化学反应速率。为了分别验证不同条件对化学反应速率的影响规律, 某同学设计了三组实验, 部分实验条件已经填在下面实验设计表格中。

实验编号	$T/^\circ\text{C}$	$\text{NO}$ 初始浓度 / $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$\text{CO}$ 初始浓度 / $(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	催化剂的比表面积 / $(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$
I	280	$1.20 \times 10^{-3}$	$5.80 \times 10^{-3}$	82
II			$5.80 \times 10^{-3}$	124
III	350	$1.20 \times 10^{-3}$		82

①实验 I、II 的目的是 \_\_\_\_\_, 实验 II 选择的实验条件是温度为 \_\_\_\_\_,  $c(\text{NO}) =$  \_\_\_\_\_。

②对比实验 I、III, 改变的条件是 \_\_\_\_\_, 实验 III 选择的  $c(\text{CO}) =$  \_\_\_\_\_。