



练习册★

主编 肖德好

全品

学练考

高中化学

选择性必修1 RJ

细分课时

分层设计

夯实基础

突出重点

详答案本

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

## 01

课时内容划分不同学习任务并从【课前自主预习】、【核心知识讲解】、【知识迁移应用】逐级推进，结构合理使用便捷。

### 第二节 反应热的计算

#### 新课探究

知识导学 素养初识

#### 学习任务一 盖斯定律

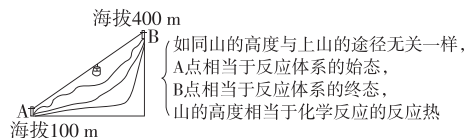
【课前自主预习】

##### 1. 内容

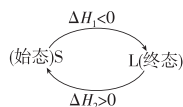
一个化学反应，不管是一步完成的还是分几步完成的，其反应热是\_\_\_\_\_（填“相同”或“不同”）的。

##### 2. 理解与特点

(1) 从反应途径角度理解



(2) 从能量守恒角度理解



从 S → L,  $\Delta H_1 < 0$ , 体系\_\_\_\_\_；从 L → S,  $\Delta H_2 > 0$ , 体系\_\_\_\_\_；根据能量守恒： $\Delta H_1 + \Delta H_2 = 0$ 。

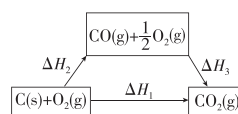
(3) 特点

在一定条件下，化学反应的反应热只与反应体系的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_有关，而与反应的\_\_\_\_\_无关。

3. 应用

(1) 可以间接计算一些不易直接发生的、伴随副反应发生的、反应进行很慢的的反应的反应热。

(2) 示例



已知：①  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g})$

$\Delta H_1 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；

②  $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$

$\Delta H_2 = -283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

分析上述热化学方程式的关系，将反应①减去反应

②，得到反应： $\text{C}(\text{s}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g})$ 。根据盖斯

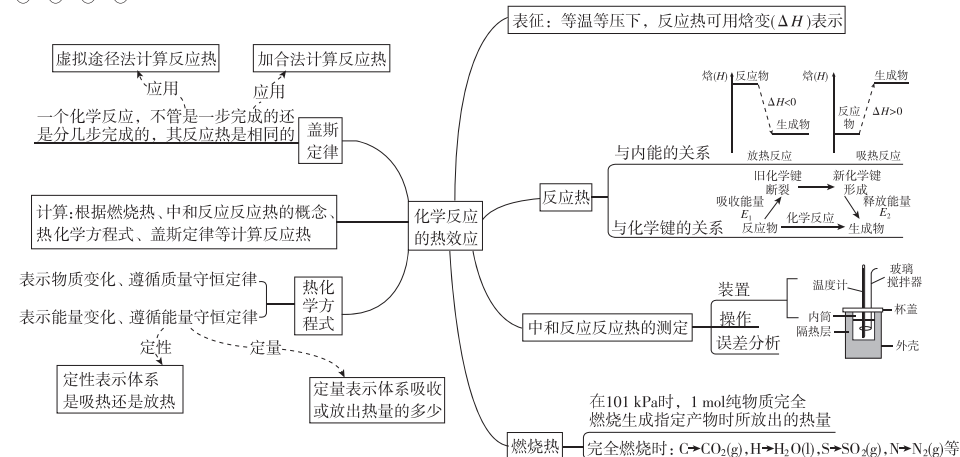
定律可得： $\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$ ，则有  $\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3 = -393.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - (-283.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}) = -110.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

## 02

章节内容构建知识网络，帮助学生知识碎片网络化、结构化，促进整体及局部的掌握与熟练化。

### 本章素养提升

#### 知识网络



## 整合突破2 平衡常数应用

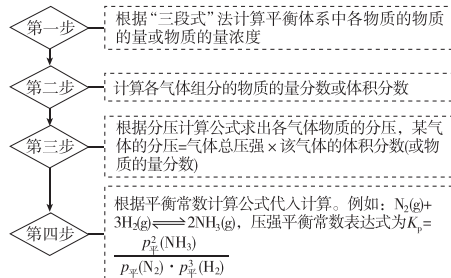
### 考情分析

年份	2020	2021	2022	2023
题号	全国 I T28, 全国 II T28, 全国 III T28, 天津 T16, 山东 T18	浙江 1 月选考 T29, 湖南 T16, 广东 T19, 山东 T20	全国甲 T28, 全国乙 T28, 河北 T16, 江苏 T10, 湖南 T14, T16, 山东 T20	福建 T13, 河北 T17, 湖南 T13, T16, 山东 T20, 全国甲 T28, 全国乙 T28
考查方向	书写平衡常数表达式、计算平衡常数的数值(特别是近几年的考查热点:压强平衡常数 $K_p$ )、运用平衡常数判断反应进行的方向以及运用平衡常数求算反应物的转化率等			
学科素养	证据推理与模型认知、变化观念与平衡思想等学科核心素养			

### 解题策略

#### ◆ 类型一 三段式法计算化学平衡常数

三段式法就是依据化学方程式列出各物质的起始量、变化量和平衡量,然后根据已知条件建立代数等式而进行解题的一种方法。这是解答化学平衡计算题的一种“万能方法”,只要已知起始量和转化率就可用三段式法解题。对于反应前后气体体积变化的反应,如果已知反应前气体的总物质的量与反应后气体的总物质的量的差值,也可用差量法解题。



例 2 [2024·重庆十一中期中]  $T$  °C 时,将 0.10 mol

## 第一节 反应热

### 第 1 课时 反应热 焓变

#### 基础对点练

##### ◆ 学习任务一 反应热及其测定

1. 为了测定酸碱中和反应反应热,计算生成 1 mol  $H_2O$  时放出的热量,至少需要的数据是 ( )

①酸溶液的浓度和体积 ②碱溶液的浓度和体积  
③比热容 ④反应后溶液的质量(单位:g) ⑤生成水的物质的量  
⑥反应前后温度变化 ⑦操作所需的时间

- A. ③④⑤⑥ B. ③④⑤⑦  
C. ①②③⑥ D. 全部

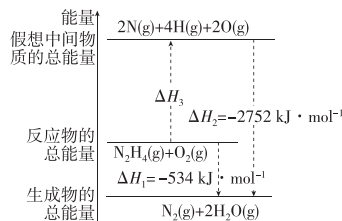
##### ◆ 学习任务二 反应热与焓变

3. [2024·浙江温州新力量联盟期中联考] 下列反应既属于氧化还原反应,又属于吸热反应的是 ( )

A. 灼热的炭与  $CO_2$  反应  
B.  $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$  与  $NH_4Cl$  反应  
C. 铁与稀盐酸反应  
D. 己烷在氧气中燃烧

7. 已知某条件下,断裂 1 mol 化学键所需的能量:  
 $N \equiv N$  为 942 kJ,  $O=O$  为 500 kJ,  $N-N$  为 154 kJ,

$O-H$  为 452.5 kJ,则断裂 1 mol  $N-H$  所需的能量是 ( )



- A. 194 kJ B. 316 kJ C. 391 kJ D. 658 kJ

#### 综合应用练

8. 已知 1 mol  $X_2(g)$  (结构为  $X-X$ ) 完全燃烧生成  $X_2O(g)$  (结构为  $O-X-O$ ) 放出  $a$  kJ 能量,且氧气中 1 mol  $O=O$  完全断裂时吸收  $b$  kJ 能量,  $X_2O$  中形成 1 mol  $X-O$  时放出  $c$  kJ 能量,则  $X_2$  中断裂 1 mol  $X-X$  时吸收的能量为 ( )

A.  $(4c-b+2a)$  kJ B.  $\frac{4c-b-2a}{2}$  kJ  
C.  $(4c+b-2a)$  kJ D.  $\frac{4c+b-2a}{2}$  kJ

# 目录 Contents

## 01 第一章 化学反应的热效应

PART ONE

第一节 反应热	练 001/导 115
第 1 课时 反应热 焓变	练 001/导 115
第 2 课时 热化学方程式 燃烧热	练 003/导 118
第二节 反应热的计算	练 005/导 121
本章素养提升	导 124

## 02 第二章 化学反应速率与化学平衡

PART TWO

第一节 化学反应速率	练 007/导 127
第 1 课时 化学反应速率	练 007/导 127
第 2 课时 影响化学反应速率的因素 活化能	练 009/导 129
<b>整合突破 1 有关反应历程与能量变化的图像分析</b>	练 012/导 133
第二节 化学平衡	练 015/导 135
第 1 课时 化学平衡状态	练 015/导 135
第 2 课时 化学平衡常数	练 017/导 137
第 3 课时 影响化学平衡的因素	练 019/导 140
<b>整合突破 2 平衡常数应用</b>	练 022/导 144
<b>整合突破 3 化学反应速率与平衡图像分析</b>	练 024/导 146
第三节 化学反应的方向	练 027/导 147
第四节 化学反应的调控	练 029/导 149
本章素养提升	导 152

## 03 第三章 水溶液中的离子反应与平衡

PART THREE

第一节 电离平衡	练 031/导 155
第二节 水的电离和溶液的 pH	练 034/导 159
第 1 课时 水的电离 溶液的酸碱性与 pH	练 034/导 159
第 2 课时 pH 的计算	练 036/导 161
第 3 课时 酸碱中和滴定	练 038/导 164
<b>整合突破 4 中和滴定拓展——氧化还原滴定</b>	练 040/导 167

第三节 盐类的水解	练 042/导 168
第 1 课时 盐类的水解	练 042/导 168
第 2 课时 影响盐类水解的主要因素 盐类水解的应用	练 044/导 171
第 3 课时 溶液中粒子浓度大小的比较	练 047/导 175
<b>整合突破 5 电解质溶液中的常考曲线</b>	练 050/导 178
第四节 沉淀溶解平衡	练 053/导 181
第 1 课时 难溶电解质的沉淀溶解平衡	练 053/导 181
第 2 课时 沉淀溶解平衡的应用	练 055/导 182
⑩ 本章素养提升	导 185

## 04 第四章 化学反应与电能

PART FOUR

第一节 原电池	练 057/导 188
第 1 课时 原电池的工作原理	练 057/导 188
第 2 课时 化学电源	练 060/导 191
第二节 电解池	练 063/导 194
第 1 课时 电解原理	练 063/导 194
第 2 课时 电解原理的应用	练 066/导 197
<b>整合突破 6 电化学装置中的离子交换膜</b>	练 069/导 201
第三节 金属的腐蚀与防护	练 072/导 202
⑩ 本章素养提升	导 206

◆ 参考答案(练习册)	练 075
◆ 参考答案(导学案)	导 211

## 测 评 卷

单元素养测评卷(一) [第一章 化学反应的热效应]	卷 001
单元素养测评卷(二) [第二章 化学反应速率与化学平衡]	卷 005
单元素养测评卷(三) [第三章 水溶液中的离子反应与平衡]	卷 009
单元素养测评卷(四) [第四章 化学反应与电能]	卷 013
参考答案	卷 017

第一节 反应热

第1课时 反应热 焓变

基础对点练

◆ 学习任务一 反应热及其测定

1. 为了测定酸碱中和反应反应热,计算生成 1 mol  $H_2O$  时放出的热量,至少需要的数据是 ( )

- ①酸溶液的浓度和体积 ②碱溶液的浓度和体积  
③比热容 ④反应后溶液的质量(单位:g) ⑤生成水的物质的量  
⑥反应前后温度变化 ⑦操作所需的时间

- A. ③④⑤⑥ B. ③④⑤⑦  
C. ①②③⑥ D. 全部

2. 已知: $HCl + KOH = KCl + H_2O$ ,在稀溶液中,该反应生成 1 mol  $H_2O$  时放出 57.3 kJ 的热量,下列说法正确的是 ( )

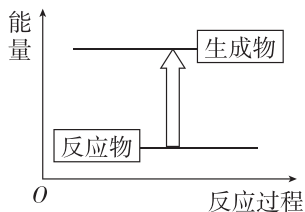
- A. 稀盐酸和稀氢氧化钠溶液反应生成 1 mol  $H_2O$  时放出 57.3 kJ 热量  
B. 稀硫酸和稀氢氧化钡溶液反应生成 1 mol  $H_2O$  时放出 57.3 kJ 热量  
C. 稀盐酸和氨水反应生成 1 mol  $H_2O$  时放出 57.3 kJ 热量  
D. 稀醋酸和稀氢氧化钠溶液反应生成 1 mol  $H_2O$  时放出 57.3 kJ 热量

◆ 学习任务二 反应热与焓变

3. [2024·浙江温州新力量联盟期中联考] 下列反应既属于氧化还原反应,又属于吸热反应的是 ( )

- A. 灼热的炭与  $CO_2$  反应  
B.  $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$  与  $NH_4Cl$  反应  
C. 铁与稀盐酸反应  
D. 己烷在氧气中燃烧

4. 分解水获得  $H_2$  的能量变化如图所示,下列说法正确的是 ( )

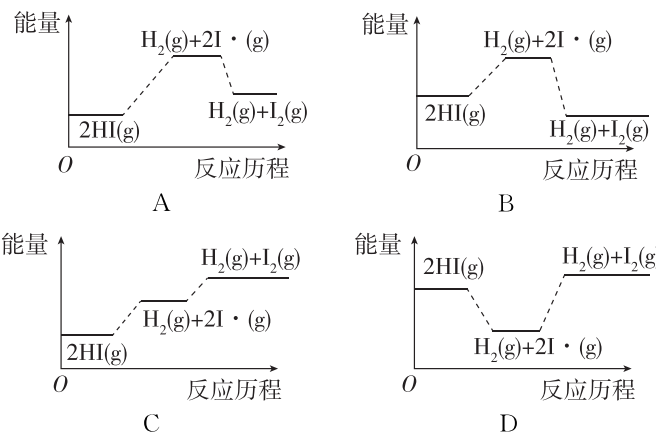


- A. 断开 H—O 放出能量  
B. 分解水属于吸热反应  
C. 吸热反应一定要加热  
D. 反应物的总能量大于生成物的总能量

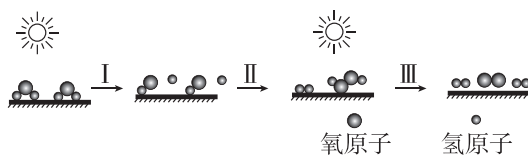
5. 已知碘化氢分解吸热,分以下两步完成:



下列图像最符合上述反应历程的是 ( )



6. [2023·河南濮阳一高月考] 中国研究人员研制出一种新型复合光催化剂,利用太阳光在催化剂表面实现高效分解水,其主要过程如图所示。



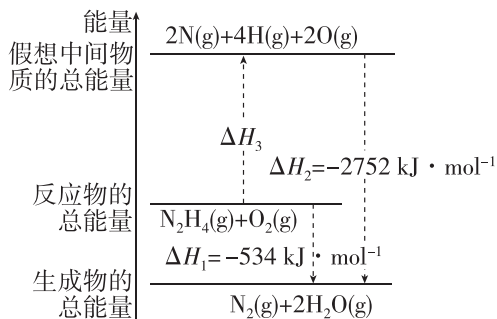
已知几种物质中化学键的键能如表所示:

化学键	$H_2O$ 中 H—O	$O_2$ 中 O=O	$H_2$ 中 H—H	$H_2O_2$ 中 O—O	$H_2O_2$ 中 O—H
键能/ ( $kJ \cdot mol^{-1}$ )	463	496	436	138	463

若反应过程中分解了 2 mol  $H_2O(g)$ ,则下列说法不正确的是 ( )

- A. 总反应为  $2H_2O \xrightarrow{\text{光照}} 2H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$   
B. 过程 I 吸收了 926 kJ 能量  
C. 过程 II 放出了 574 kJ 能量  
D. 过程 III 属于放热反应

7. 已知某条件下,断裂 1 mol 化学键所需的能量:  
 $\text{N}\equiv\text{N}$  为 942 kJ、 $\text{O}=\text{O}$  为 500 kJ、 $\text{N}-\text{N}$  为 154 kJ,  
 $\text{O}-\text{H}$  为 452.5 kJ,则断裂 1 mol  $\text{N}-\text{H}$  所需的能量  
 是 ( )



A. 194 kJ B. 316 kJ C. 391 kJ D. 658 kJ

### 综合应用练

8. 已知 1 mol  $\text{X}_2(\text{g})$  (结构为  $\text{X}-\text{X}$ ) 完全燃烧生成  
 $\text{X}_2\text{O}(\text{g})$  (结构为  $\text{O}-\text{X}-\text{O}$ ) 放出  $a$  kJ 能量,且氧气  
 中 1 mol  $\text{O}=\text{O}$  完全断裂时吸收  $b$  kJ 能量, $\text{X}_2\text{O}$  中  
 形成 1 mol  $\text{X}-\text{O}$  时放出  $c$  kJ 能量,则  $\text{X}_2$  中  
 断裂 1 mol  $\text{X}-\text{X}$  时吸收的能量为 ( )

A.  $(4c - b + 2a)$  kJ B.  $\frac{4c - b - 2a}{2}$  kJ

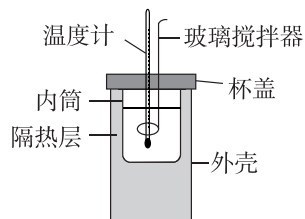
C.  $(4c + b - 2a)$  kJ D.  $\frac{4c + b - 2a}{2}$  kJ

9. 向 1 L  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液中分别加入  
 下列物质:①稀醋酸、②浓硫酸、③稀硝酸,恰好完全  
 反应时的焓变分别为  $\Delta H_1$ 、 $\Delta H_2$ 、 $\Delta H_3$ ,则  $\Delta H_1$ 、  
 $\Delta H_2$ 、 $\Delta H_3$  的关系是 ( )

A.  $\Delta H_1 > \Delta H_2 > \Delta H_3$  B.  $\Delta H_1 < \Delta H_3 < \Delta H_2$

C.  $\Delta H_1 = \Delta H_3 > \Delta H_2$  D.  $\Delta H_1 > \Delta H_3 > \Delta H_2$

10. [2024·湖北武汉第四中学月考] 已知稀酸与  
 稀碱中和生成 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  的反应热叫作中和热,  
 某学习小组拟用如图所示装置来测定中和热。



其主要过程如下:

#### I. 测定强酸强碱的中和热

(1) 该组同学共设计出以下 3 种测定方案,通过测定  
 反应过程中释放的热量来计算反应热( $\Delta H_{\text{中和}}$ )。

A. 测定 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{HCl}$  溶液与  
 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液反应所放  
 出的热量

B. 测定 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{HCl}$  溶液与  
 50 mL  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液反应所放  
 出的热量

C. 测定 50 mL  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{HCl}$  溶液与  
 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液反应所放  
 出的热量

请选出合理的方案:\_\_\_\_\_。

(2) 取 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{NaOH}$  溶液和  
 50 mL  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的  $\text{HCl}$  溶液进行实验,实验  
 数据如下表:

实验序号	起始温度 $t_1 / ^\circ\text{C}$		终止温度 $t_2 / ^\circ\text{C}$
	盐酸	$\text{NaOH}$ 溶液	混合溶液
1	21.0	21.1	24.3
2	21.2	21.4	24.5
3	21.5	21.6	24.7
4	20.9	21.1	25.8

近似认为  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaOH}$  溶液和  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 $\text{HCl}$  溶液的密度都是  $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,中和后生成溶液的  
 比热容  $c = 4.18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ 。则中和热  $\Delta H_{\text{中和}} =$   
 \_\_\_\_\_ (取小数点后一位)。

(3) 上述实验结果与  $-57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  有偏差,产生  
 这种偏差的原因是\_\_\_\_\_。

A. 用温度计测定稀盐酸起始温度后直接测定  
 $\text{NaOH}$  溶液的温度

B. 分多次把  $\text{NaOH}$  溶液倒入盛有盐酸的内筒中

C. 量取盐酸时俯视读数

#### II. 测定醋酸与 $\text{NaOH}$ 溶液的中和热

该组同学设计出以下测定方案,通过测定反应过程  
 中释放的热量来计算中和热( $\Delta H'_{\text{中和}}$ )。测定 50 mL  
 $0.50 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  醋酸溶液与 50 mL  $0.55 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 的  $\text{NaOH}$  溶液反应放出的热量。

(4) 该同学坚持将环形铜丝代替玻璃搅拌器,你认为  
 可不可行? \_\_\_\_\_,理由是\_\_\_\_\_。

## 第2课时 热化学方程式 燃烧热

### 基础对点练

#### ◆ 学习任务一 热化学方程式

1. [2023·黑龙江双鸭山一中月考] 实验测得:101 kPa 时,1 mol  $\text{H}_2$  完全燃烧生成液态水,放出 285.8 kJ 的热量;1 mol  $\text{CH}_4$  完全燃烧生成液态水和  $\text{CO}_2$ ,放出 890.3 kJ 的热量。下列热化学方程式的书写正确的是 ( )



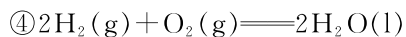
$\Delta H = +890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



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



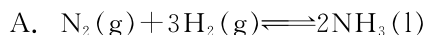
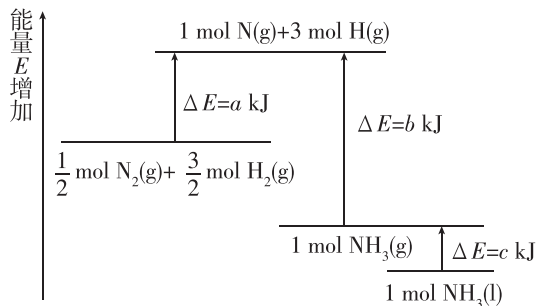
$\Delta H = -890.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



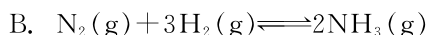
$\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

A. ①      B. ②④      C. ②      D. ①②③④

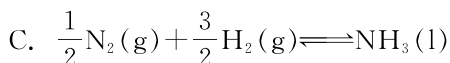
2. [2023·宁夏银川六盘山高级中学月考] 化学反应  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  的能量变化如图所示,下列热化学方程式正确的是 ( )



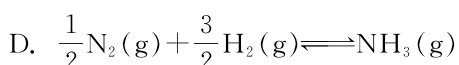
$\Delta H = 2(b+c-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = 2(b-a) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = (a+b+c) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = (a-b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

3. 依据实验数据,写出下列反应的热化学方程式。

(1) 1 mol  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$  与足量  $\text{O}_2(\text{g})$  反应,生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,放出 1411 kJ 的热量。

\_\_\_\_\_。

(2) 1 mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$  与足量  $\text{O}_2(\text{g})$  反应,生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,放出 1367 kJ 的热量。

\_\_\_\_\_。

(3) 2 mol  $\text{Al}(\text{s})$  与足量  $\text{O}_2(\text{g})$  反应,生成  $\text{Al}_2\text{O}_3(\text{s})$ ,放出 1 669.8 kJ 的热量。

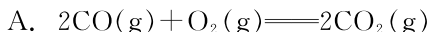
\_\_\_\_\_。

(4) 18 g 葡萄糖与足量  $\text{O}_2(\text{g})$  反应,生成  $\text{CO}_2(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ,放出 280.4 kJ 的热量。

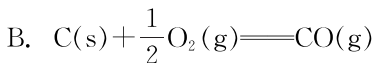
\_\_\_\_\_。

#### ◆ 学习任务二 燃烧热

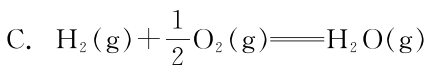
4. 下列热化学方程式中, $\Delta H$  能正确表示物质的燃烧热的是 ( )



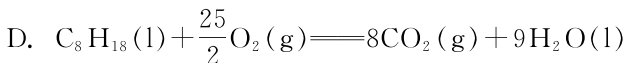
$\Delta H = -566.0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



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

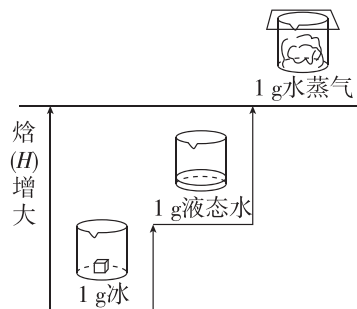


$\Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



$\Delta H = -5518 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

5. 已知 25 °C、101 kPa 时,  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -483.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,请结合水的聚集状态变化时的焓变示意图分析,下列说法正确的是 ( )



A. 液态水变为水蒸气是吸热过程

B.  $\text{H}_2$  的燃烧热  $\Delta H = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

C. 1 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  具有的能量比 1 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  具有的能量高

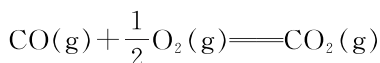
D. 2 mol  $\text{H}_2(\text{g})$  与 1 mol  $\text{O}_2(\text{g})$  生成 2 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  时,断裂化学键吸收的能量大于形成化学键放出的能量



6. [2023·陕西西安统考] 已知在一定条件下,CO 的燃烧热为  $283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $\text{CH}_4$  的燃烧热为  $890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 由  $1 \text{ mol CO}$  和  $3 \text{ mol CH}_4$  组成的混合气体在上述条件下充分燃烧, 释放的热量为 ( )
- A. 2912 kJ                      B. 2953 kJ  
C. 3236 kJ                      D. 3867 kJ

### 综合应用练

7. 已知:  $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 $\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

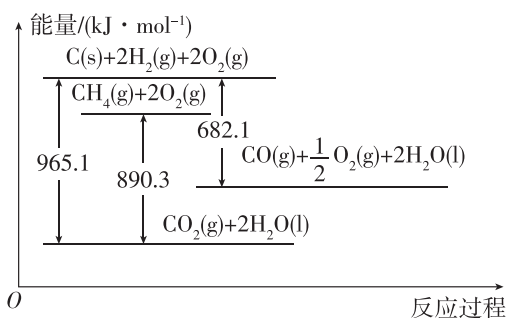


$$\Delta H = -282.9 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

某  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  的混合气体完全燃烧时放出  $113.74 \text{ kJ}$  热量, 同时生成  $3.6 \text{ g}$  液态水, 则原混合气体中  $\text{H}_2$  和  $\text{CO}$  的物质的量之比为 ( )

- A. 2 : 1                              B. 1 : 2  
C. 1 : 1                              D. 2 : 3

8. [2023·四川成都石室中学月考] 已知下列几种含碳化合物的转化及能量变化关系如图所示。



下列说法正确的是 ( )

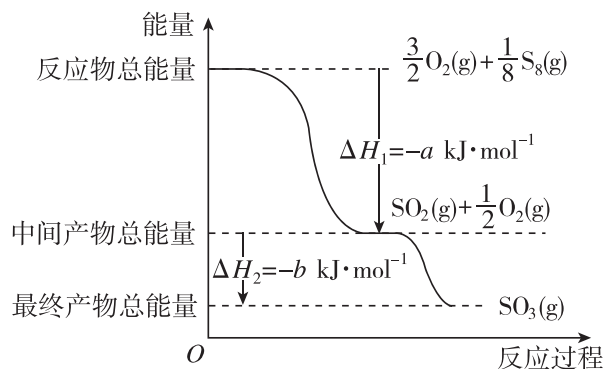
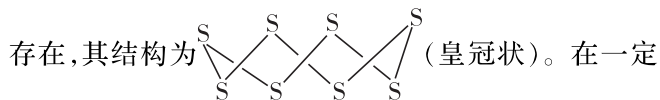
- A.  $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) \quad \Delta H = +74.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
B.  $1 \text{ mol C}(\text{s})$  完全燃烧可释放  $779.7 \text{ kJ}$  能量  
C.  $\text{CO}$  的燃烧热  $\Delta H = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
D.  $1 \text{ mol CO}(\text{g})$  具有的能量大于  $1 \text{ mol CO}_2(\text{g})$  具有的能量
9. 标准状态下, 下列物质气态时的相对能量如下表:

气态物质	$\text{H}_2$	$\text{O}_2$	$\text{H}$	$\text{O}$	$\text{HO}$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}_2$
能量/ $(\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	0	0	218	249	39	-242	-136

可根据  $\text{HO}(\text{g}) + \text{HO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_2(\text{g})$  计算出  $\text{H}_2\text{O}_2$  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.  $\text{H}_2$  的键能为  $436 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
B.  $\text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HO}(\text{g}) \quad \Delta H = -214 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
C.  $\text{O}_2$  的键能大于  $\text{H}_2\text{O}_2$  中氧氧单键的键能的两倍  
D.  $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$   
 $\Delta H = -212 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

10. 已知单质硫在通常条件下以  $\text{S}_8$  (斜方硫) 的形式存在, 其结构为



- (1) 写出表示  $\text{S}_8(\text{g})$  燃烧热的热化学方程式:

\_\_\_\_\_。

(2) 写出  $\text{SO}_3(\text{g})$  分解生成  $\text{SO}_2(\text{g})$  和  $\text{O}_2(\text{g})$  的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(3) 键能是指气态分子中  $1 \text{ mol}$  化学键解离成气态原子所吸收的能量。若已知二氧化硫中的硫氧键的键能为  $d \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 氧气中氧氧键的键能为  $e \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则  $\text{S}_8$  分子中硫硫键的键能为 \_\_\_\_\_。

## 第二节 反应热的计算

### 基础对点练

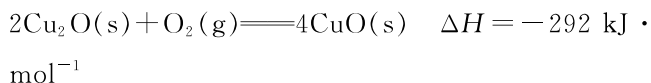
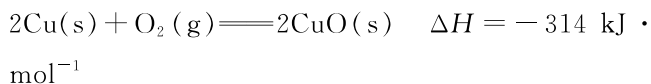
#### ◆ 学习任务一 盖斯定律

1. 依据下列含硫物质转化的热化学方程式, 得出的相关结论正确的是 ( )

- ①  $\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_1$   
 ②  $\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2$   
 ③  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{S}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_3$   
 ④  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_4$   
 ⑤  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{S}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H_5$

- A.  $\Delta H_1 > \Delta H_2$   
 B.  $\Delta H_3 < \Delta H_4$   
 C.  $\Delta H_4 = \Delta H_2 + \Delta H_3$   
 D.  $2\Delta H_5 = 3\Delta H_3 - \Delta H_4$

2. [2023·山东青岛一中月考] 氧化亚铜常用于制船底防污漆, 用  $\text{CuO}$  与  $\text{Cu}$  高温烧结可制取  $\text{Cu}_2\text{O}$ , 已知反应:



则  $\text{CuO}(\text{s}) + \text{Cu}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O}(\text{s})$  的  $\Delta H$  等于 ( )

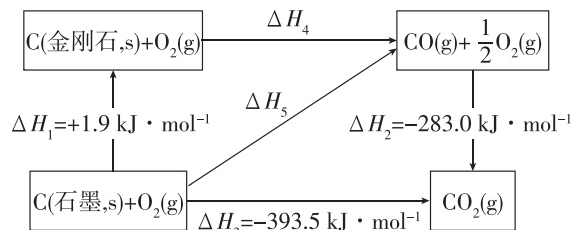
- A.  $-11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 B.  $+11 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 C.  $+22 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 D.  $-22 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

#### ◆ 学习任务二 反应热的计算

3. [2023·四川内江威远中学期中] 已知葡萄糖  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$  的燃烧热  $\Delta H_1 = -2800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 则下列关于热化学方程式  $6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H_2 > 0$  的说法正确的是 ( )

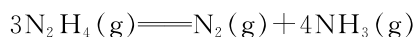
- A. 表示 108 g 水和 264 g 二氧化碳反应时的反应热  
 B. 1 mol  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})$  的能量高于 6 mol  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  和 6 mol  $\text{CO}_2(\text{g})$  的总能量  
 C.  $\Delta H_2 = +2800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 D.  $\Delta H_2 < +2800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

4. 依据图示关系, 下列说法不正确的是 ( )



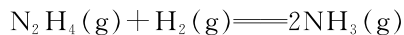
- A.  $\Delta H_5 > \Delta H_4$   
 B. 1 mol  $\text{C}(\text{石墨}, \text{s})$ 、1 mol  $\text{CO}(\text{g})$  分别完全燃烧, 石墨放出热量多  
 C. 石墨比金刚石稳定  
 D.  $\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g})$  的  $\Delta H = \Delta H_3 - \Delta H_2$

5. 肼( $\text{N}_2\text{H}_4$ )在不同条件下的分解产物不同, 200 °C 时在  $\text{Cu}$  表面分解的机理如图所示。已知 200 °C 时, 反应 I:

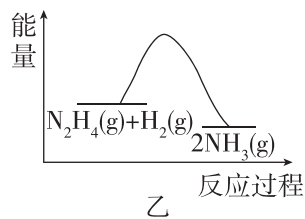
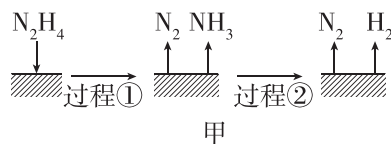


$$\Delta H_1 = -471 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

反应 II:



$$\Delta H_2 = -187.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

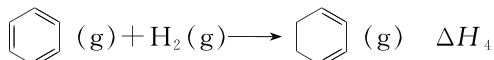
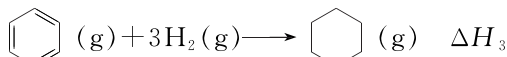
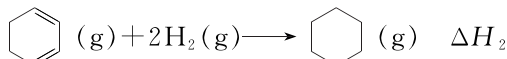
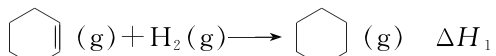


下列说法不正确的是 ( )

- A. 图甲所示过程①是放热反应, 过程②是吸热反应  
 B. 反应 II 的能量变化如图乙所示  
 C. 断开 3 mol  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$  中的化学键吸收的能量大于形成 1 mol  $\text{N}_2(\text{g})$  和 4 mol  $\text{NH}_3(\text{g})$  中的化学键释放的能量  
 D. 200 °C 时, 肼分解生成氮气和氢气的热化学方程式为  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -95.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

### 综合应用练

6. 相同温度和压强下,关于反应的  $\Delta H$ ,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.  $\Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4$

7. [2023·河南南阳统考] 设  $N_A$  为阿伏伽德罗常数的值。已知反应:



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



$$\Delta H_2 = -b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} (a, b \text{ 均大于 } 0)$$

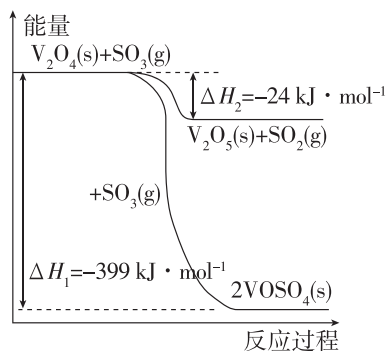
其他数据如表所示,下列说法正确的是 ( )

化学键	C=O	O=O	C—H	O—H
键能/( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	798	$x$	413	463

- A.  $b < a$ , 且甲烷的燃烧热为  $b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 B.  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \longrightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \quad \Delta H = -(a - b) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$   
 C. 上表中  $x = \frac{1796 - b}{2}$   
 D. 当有  $4N_A$  个 C—H 断裂时,反应放出的热量一定为  $b \text{ kJ}$

8. [2023·河南宜阳县一中月考] 根据要求填空。

(1) 硫酸是一种重要的基本化工产品。接触法制硫酸生产中的关键工序是  $\text{SO}_2$  的催化氧化:  $\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{钒催化剂}} \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H = -98 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。钒催化剂参与反应的能量变化如图所示,  $\text{V}_2\text{O}_5(\text{s})$  与  $\text{SO}_2(\text{g})$  反应生成  $\text{VOSO}_4(\text{s})$  和  $\text{V}_2\text{O}_4(\text{s})$  的热化学方程式为 \_\_\_\_\_。

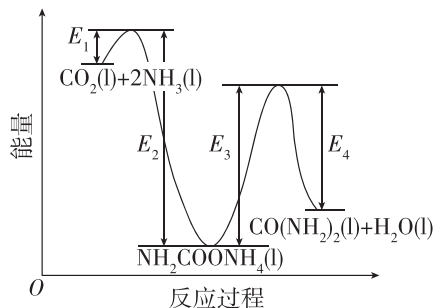


(2) 在  $25^\circ\text{C}$ 、 $101 \text{ kPa}$  下,一定质量的无水乙醇完全燃烧时放出热量  $Q \text{ kJ}$ ,其燃烧生成的  $\text{CO}_2$  用过量饱和石灰水吸收可得  $100 \text{ g CaCO}_3$  沉淀,则乙醇燃烧的热化学方程式为 \_\_\_\_\_。

(3) 在一定条件下,将  $1 \text{ mol N}_2(\text{g})$  和  $3 \text{ mol H}_2(\text{g})$  充入一密闭容器中发生反应生成氨气,达到平衡时  $\text{N}_2$  的转化率为  $25\%$ ,放出  $Q \text{ kJ}$  的热量,写出  $\text{N}_2$  与  $\text{H}_2$  反应的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

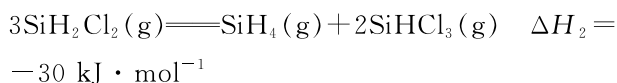
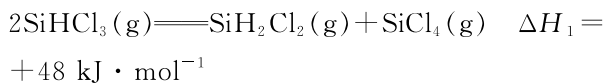
(4) 二十世纪初,工业上以  $\text{CO}_2$  和  $\text{NH}_3$  为原料在一定温度和压强下合成尿素。反应分两步:

- i.  $\text{CO}_2$  和  $\text{NH}_3$  生成  $\text{NH}_2\text{COONH}_4$ ;
- ii.  $\text{NH}_2\text{COONH}_4$  分解生成尿素。



试写出  $\text{CO}_2(\text{l})$  和  $\text{NH}_3(\text{l})$  反应生成  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2(\text{l})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  的热化学方程式: \_\_\_\_\_。

(5)  $\text{SiHCl}_3$  在催化剂作用下发生反应:



则反应  $4\text{SiHCl}_3(\text{g}) \longrightarrow \text{SiH}_4(\text{g}) + 3\text{SiCl}_4(\text{g})$  的  $\Delta H$  为 \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

第一节 化学反应速率

第1课时 化学反应速率

基础对点练

◆ 学习任务一 化学反应速率

- 下列说法正确的是 ( )
  - 在化学反应中,固体和纯液体的化学反应速率为零
  - 在化学反应中,某物质的化学反应速率表示该物质在某时刻反应的速率
  - 在某一化学反应中,化学反应速率可以用单位时间内反应物浓度的改变或生成物浓度的改变来表示,其数值可能相同,也可能不相同
  - 化学反应速率用生成物浓度的改变来表示时可以是负值
- 在 2 L 的恒容密闭容器中,发生以下反应: $2A(g) + B(g) \rightleftharpoons 2C(g) + D(g)$ 。若最初加入的 A 和 B 都是 4 mol,在前 10 s 内 A 的平均反应速率为  $0.12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,则 10 s 内时,容器中 B 的物质的量浓度是 ( )
  - $1.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
  - $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
  - $0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
  - $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 将等物质的量的 A、B 混合于 2 L 的恒容密闭容器中,发生反应  $3A(g) + B(g) \rightleftharpoons xC(g) + D(g)$ ,经 4 min 后,测得 D 的浓度为  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , $c(A) : c(B) = 3 : 5$ ,C 的平均反应速率是  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。下列说法不正确的是 ( )
  - A 在 4 min 末的浓度是  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
  - B 在 4 min 内的平均反应速率为  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
  - $x = 1$
  - 起始时物质 A 的浓度为  $2.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 在密闭容器中 A(g)和 B(g)反应生成 C(g),其反应速率分别用  $v(A)$ 、 $v(B)$ 、 $v(C)$ 表示,已知  $v(A)$ 、 $v(B)$ 、 $v(C)$ 之间有以下关系: $2v(B) = 3v(A)$ , $v(A) = 2v(C)$ 。则该反应的化学方程式可表示为 ( )
  - $2A(g) + 3B(g) \rightleftharpoons C(g)$
  - $3A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 2C(g)$
  - $3A(g) + 2B(g) \rightleftharpoons 6C(g)$
  - $A(g) + B(g) \rightleftharpoons C(g)$

- 下列化学反应速率的测量中,测量依据不可行的是 ( )
 

选项	化学反应	测量依据 (单位时间内)
A	$2\text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$	颜色深浅
B	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$	$\text{H}_2$ 体积变化
C	$\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$	压强变化
D	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaOH}$	沉淀质量变化

- [2023·河北沧州期中] 将 5.6 g 铁粉投入盛有 100 mL  $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  稀硫酸的烧杯中,2 min 时铁粉刚好溶解完全;若反应前后溶液的体积不变,则 0~2 min 内,该反应的平均速率可表示为 ( )
  - $v(\text{Fe}) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
  - $v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
  - $v(\text{H}_2) = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
  - $v(\text{FeSO}_4) = 0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

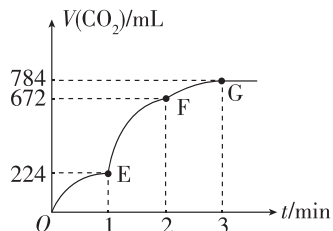
◆ 学习任务二 比较化学反应速率大小的方法

- 已知在不同情况下测得反应  $\text{P}(g) + 3\text{Q}(g) \rightleftharpoons 2\text{R}(g) + 2\text{S}(g)$  的反应速率如下,其中反应速率最快的是 ( )
  - $v(\text{P}) = 0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
  - $v(\text{Q}) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
  - $v(\text{R}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
  - $v(\text{S}) = 0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

8. [2024·福建泉州期中] 已知在一定条件下  $\text{CO}_2$  可转化为高附加值的燃料  $\text{CH}_4$ , 反应原理为  $\text{CO}_2(\text{g}) + 4\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 。实验测得在四种不同条件下的反应速率分别为①  $v(\text{CO}_2) = 2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、②  $v(\text{H}_2) = 12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、③  $v(\text{CH}_4) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 、④  $v(\text{H}_2\text{O}) = 0.3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , 则四种条件下的速率关系为 ( )
- A. ② > ① > ④ > ③      B. ④ > ③ > ② > ①  
C. ③ > ④ > ② > ①      D. ④ = ③ > ② > ①

### 综合应用练

9. 反应  $4\text{A}(\text{s}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ , 经 2 min, B 的浓度减少  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。对此反应速率的表示正确的是 ( )
- A. 用 A 表示的反应速率是  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
B. 分别用 B、C、D 表示的反应速率的比值是 3 : 2 : 1  
C. 此 2 min 内的反应速率, 用 B 表示是  $0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
D. 在这 2 min 内用 B 和 C 表示的反应速率的值是相等的
10. [2024·上海控江中学月考] 用纯净的  $\text{CaCO}_3$  与 100 mL 稀盐酸反应制取  $\text{CO}_2$ , 实验过程记录如图所示( $\text{CO}_2$  的体积已折算为标准状况下的体积, 溶液体积变化忽略不计)。下列分析正确的是 ( )



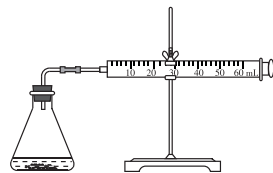
- A. EF 段, 用 HCl 表示该反应的平均反应速率为  $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
B. OE 段表示的平均速率最快  
C. F 点收集到的  $\text{CO}_2$  的量最多  
D. OE、EF、FG 三段中, 该反应用二氧化碳表示的平均反应速率之比为 2 : 6 : 7

11. [2024·北京北大附中月考] 一定温度下, 10 mL  $0.40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_2\text{O}_2$  溶液发生催化分解。不同时刻测得生成  $\text{O}_2$  的体积(已折算为标准状况)如下表, 下列叙述不正确的是(溶液体积变化忽略不计) ( )

t/min	0	2	4	6	8	10
V(O <sub>2</sub> )/mL	0.0	9.9	17.2	22.4	26.5	29.9

- A. 0~6 min 的平均反应速率:  $v(\text{H}_2\text{O}_2) \approx 3.3 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$   
B. 0~4 min 的平均反应速率较 4~8 min 的平均反应速率快  
C. 反应至 6 min 时,  $c(\text{H}_2\text{O}_2) = 0.30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
D. 反应至 6 min 时,  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解了 50%

12. 盐酸与碳酸钙反应生成  $\text{CO}_2$ , 运用如图所示装置可测定该反应的反应速率。请根据要求填空:



- (1) 连接好仪器后, 需要检查 \_\_\_\_\_, 再加入药品进行实验。  
(2) 在锥形瓶中加入 5 g 碳酸钙, 加入 20 mL  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  盐酸。每隔 10 s 观测注射器中气体的体积, 并以  $\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$  为反应速率的单位, 计算每 10 s 内的反应速率。数据处理的结果见下表:

时间/s	10	20	30	40	50	60
气体体积/mL	4	14	25	38	47	55
反应速率/ ( $\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$ )	0.4	1.0	1.1	?	0.9	0.8

- 表格中的“?”处应填的数据是 \_\_\_\_\_。  
(3) 从反应速率随时间变化的数据可知, 本实验中反应速率与 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 有关。

## 第2课时 影响化学反应速率的因素 活化能

### 基础对点练

#### ◆ 学习任务一 影响化学反应速率的因素

1. [2024·福建厦门一中月考] 在敞口容器中进行  $2\text{NH}_2\text{OH}(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons 6\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{NO}(\text{g})$  反应,下列措施一定能加快 NO 生成速率的是 ( )

- A. 升温
- B. 改块状固体为粉末状
- C. 加水
- D. 加  $\text{MnO}_2$

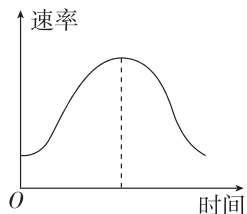
2. 某同学做浓度对化学反应速率的影响的实验时,将3支试管分别编号为①②③,实验结束后记录的数据如下表所示:

试管编号	加 3% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液	加 $\text{H}_2\text{O}$	加 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液	出现浑浊的时间
①	3 mL	3 mL	5 滴	33 s
②	a mL	2 mL	5 滴	28 s
③	5 mL	b mL	5 滴	16 s

下列叙述不正确的是 ( )

- A. 反应的化学方程式为  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S}\downarrow + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- B.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  的浓度越大,反应速率越快
- C.  $a = 4$
- D.  $b = 2$

3. [2024·北京北师大实验中学月考] 把镁条投入盛有盐酸的敞口容器中,产生  $\text{H}_2$  的速率如图所示。



在下列因素中,可影响该反应速率的因素是 ( )

- ① 盐酸的浓度
  - ② 镁条的表面积
  - ③ 溶液的温度
  - ④  $\text{Cl}^-$  的浓度
- A. ①④
  - B. ③④
  - C. ①②③
  - D. ②④

4. [2023·湖北武汉四中月考] 亚氯酸盐(如  $\text{NaClO}_2$ )可用作漂白剂,在常温、不见光时可保存一年,但在酸性溶液中因生成亚氯酸而发生分解:  $5\text{HClO}_2 \rightleftharpoons 4\text{ClO}_2\uparrow + \text{H}^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ 。分解时,刚加入硫酸,反应缓慢,随后突然反应释放出大量  $\text{ClO}_2$ ,这是因为 ( )

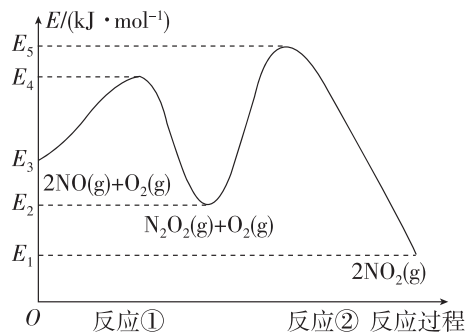
- A. 酸使亚氯酸的氧化性增强
- B. 溶液中的  $\text{H}^+$  起催化作用
- C. 溶液中的  $\text{Cl}^-$  起催化作用
- D. 逸出的  $\text{ClO}_2$  使反应生成物的浓度降低

#### ◆ 学习任务二 活化能

5. [2024·山东聊城一中期中] 在气体反应体系中,能使反应物中活化分子数和活化分子百分数同时增加的方法是 ( )

- ① 增大反应物浓度
  - ② 增大压强
  - ③ 升高温度
  - ④ 加入催化剂
- A. ①③
  - B. ②③
  - C. ③④
  - D. ②④

6. [2024·天津河西区期中] NO 在空气中与  $\text{O}_2$  的反应是分两步完成的,其反应过程如图所示,下列有关说法正确的是 ( )



- A. 反应  $2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2(\text{g})$  的活化能为  $(E_4 - E_2) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 第一步反应是该反应的决速步骤
- C. 反应①的方程式为  $2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_2(\text{g})$ ,且为放热反应
- D. 如果加入合适的催化剂,可以改变该反应的  $\Delta H$

7. [2023·北京顺义区一中月考] 已知反应  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -752 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$  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. ②反应的活化能最大  
 B. 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

### 综合应用练

8. 某小组探究实验条件对反应速率的影响,设计如下实验,并记录结果如下,下列说法正确的是 ( )

编号	温度	$\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液	KI 溶液	1% 淀粉溶液体积	出现蓝色时间
①	20 °C	0.10 mol · L <sup>-1</sup> 10 mL	0.40 mol · L <sup>-1</sup> 5 mL	1 mL	40 s
②	20 °C	0.10 mol · L <sup>-1</sup> 10 mL	0.80 mol · L <sup>-1</sup> 5 mL	1 mL	21 s
③	50 °C	0.10 mol · L <sup>-1</sup> 10 mL	0.40 mol · L <sup>-1</sup> 5 mL	1 mL	5 s
④	80 °C	0.10 mol · L <sup>-1</sup> 10 mL	0.40 mol · L <sup>-1</sup> 5 mL	1 mL	未见蓝色

- A. 由实验①②可知,反应速率  $v$  与  $c(\text{I}^-)$  成正比  
 B. 由实验②③可知,对速率的影响程度上,浓度大于温度  
 C.  $\text{I}^-$  在被  $\text{O}_2$  氧化过程中,  $\text{H}^+$  只是降低活化能  
 D. 由实验③④可知,温度越高,反应速率越慢

9. 反应  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  中,每生成 7 g  $\text{N}_2$  放出 166 kJ 的热量,该反应的速率表达式为  $v = k \cdot c^m(\text{NO}) \cdot c^n(\text{H}_2)$  ( $k$ 、 $m$ 、 $n$  待测),其反应包含下列两步:

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

$T$  °C 时测得有关实验数据如下:

序号	$c(\text{NO})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{H}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	速率/ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )
I	0.006 0	0.001 0	$1.8 \times 10^{-4}$
II	0.006 0	0.002 0	$3.6 \times 10^{-4}$
III	0.001 0	0.006 0	$3.0 \times 10^{-5}$
IV	0.002 0	0.006 0	$1.2 \times 10^{-4}$

下列说法错误的是 ( )

- A. 整个反应速率由第①步反应决定  
 B. 正反应的活化能一定是① < ②  
 C. 该反应速率表达式:  $v = 5000 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \times c^2(\text{NO}) \cdot c(\text{H}_2)$   
 D. 该反应的热化学方程式为  $2\text{NO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -664 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

10. [2023·湖北咸宁月考]  $\text{CO}$  是一种常用的还原剂。一定条件下,反应  $\text{CO}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$  的速率方程为  $v = kc^a(\text{CO}) \cdot c^b(\text{NO}_2)$  ( $k$  为速率常数,只与温度、催化剂有关,与浓度无关)。某温度下,该反应在不同浓度下的反应速率如下表所示:

	$c(\text{CO})/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	$c(\text{NO}_2)/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	反应速率
①	0.10	0.10	$v$
②	0.20	0.10	$2v$
③	0.20	0.20	$4v$

(1) 根据表中测定结果,下列推断正确的是 \_\_\_\_\_ (填选项字母)。

- A.  $a=1, b=2$   
 B.  $a=1, b=1$   
 C.  $a=2, b=2$   
 D.  $a=2, b=1$

(2) 改变下列一个条件,反应速率增大的是 \_\_\_\_\_ (填选项字母)。

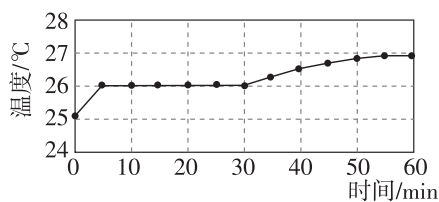
- A. 降温  
 B. 缩小容积  
 C. 加入催化剂  
 D. 减压

11. [2024·北京西城区育才学校月考] 某小组研究了铜片与  $5.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$  溶液反应的速率, 实验现象记录如下表。

实验	时间段	现象
①	0~15 min	铜片表面出现极少气泡
	15~25 min	铜片表面产生较多气泡, 溶液呈很浅的蓝色
	25~30 min	铜片表面均匀冒出大量气泡
	30~50 min	铜片表面产生较少气泡, 溶液蓝色明显变深, 液面上方呈浅棕色

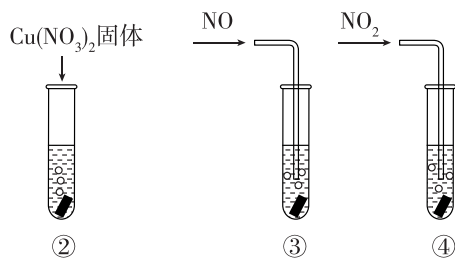
为探究影响该反应速率的主要因素, 小组进行如下实验。

实验 I: 监测上述反应过程中溶液温度的变化, 所得曲线如图甲所示。



甲

实验 II: ②~④试管中加入大小、形状相同的铜片和相同体积、 $5.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$  溶液, 结果显示:  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{NO}$  对  $\text{Cu}$  和  $\text{HNO}_3$  反应速率的影响均不明显,  $\text{NO}_2$  能明显加快该反应的速率。



乙

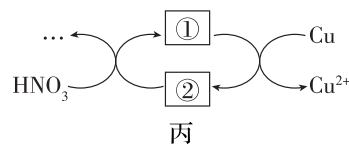
实验 III: 在试管 ⑤ 中加入铜片和  $5.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HNO}_3$  溶液, 当产生气泡较快时, 取少量反应液于试管中, 检验后发现其中含有  $\text{NO}_2^-$ 。

(1) 根据表格中的现象, 描述该反应的速率随时间的变化情况: \_\_\_\_\_。

(2) 实验 I 的结论: 温度升高 \_\_\_\_\_ (填“是”或“不是”) 反应速率加快的主要原因。

(3) 实验 II 的目的: \_\_\_\_\_。

(4) 小组同学查阅资料后推测: 该反应由于生成某中间产物而加快了反应速率。请结合实验 II、III, 补全图丙中的催化机理。① \_\_\_\_\_; ② \_\_\_\_\_。(填相应的微粒符号)



丙

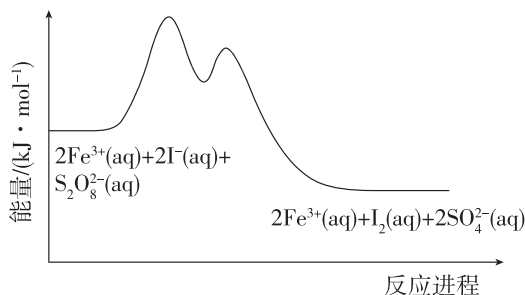
(5) 为验证(4)中猜想, 还需补充一个实验: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (请写出操作和现象)。

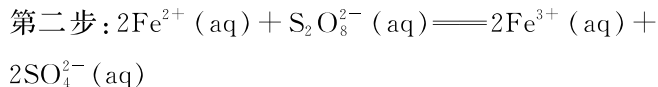
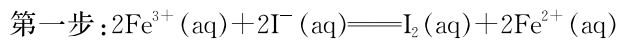


## 整合突破 1 有关反应历程与能量变化的图像分析

1. [2024·重庆重点中学月考] 为研究  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}(\text{aq}) + 2\text{I}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{I}_2(\text{aq})$  的反应进程中的能量变化, 在  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  和  $\text{I}^-$  的混合溶液中加入  $\text{Fe}^{3+}$ , 过程变化如下:



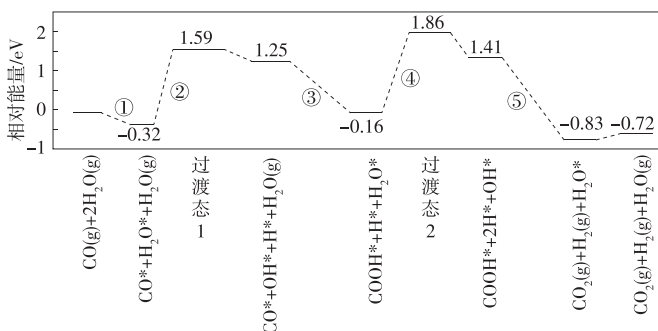
反应机理如下:



下列有关该反应的说法正确的是 ( )

- A.  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  (已知其中有 2 个 O 为 -1 价) 中 S 元素的化合价为 +7
- B. 总反应是吸热反应
- C. 第一步基元反应是该反应的决速步骤
- D.  $\text{Fe}^{3+}$  改变了总反应的反应历程和焓变

2. [2024·河南豫南名校月考] 水煤气变换反应为  $\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ 。我国研究人员结合实验与计算机模拟结果, 揭示了在金催化剂表面上水煤气变换的反应历程(如图所示), 其中吸附在金催化剂表面上的物种用“\*”标注。下列说法错误的是 ( )

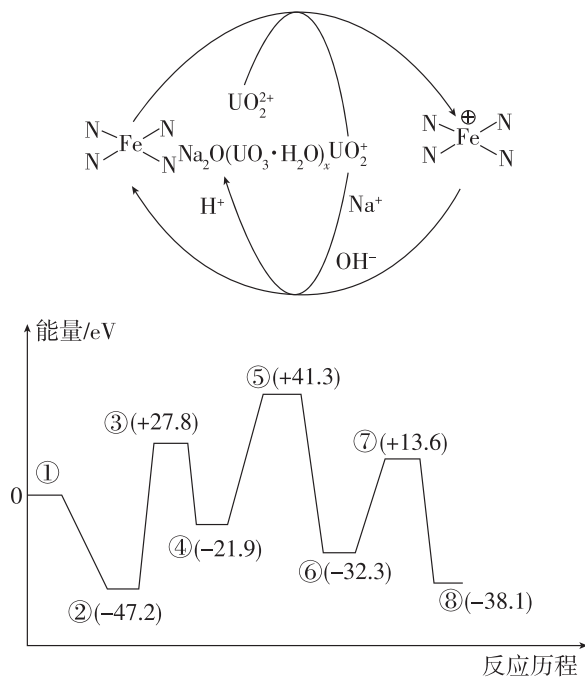


- A. 水煤气变换反应的  $\Delta H < 0$
- B. 步骤③的转化关系可表示为  $\text{CO}^* + \text{OH}^* + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{COOH}^* + \text{H}_2\text{O}^*$

C. 该历程中最大能垒(活化能)  $E_{\text{正}} = 2.02 \text{ eV}$

D. 升温 and 增大反应物浓度均能增加反应物的活化分子百分数, 加快反应速率

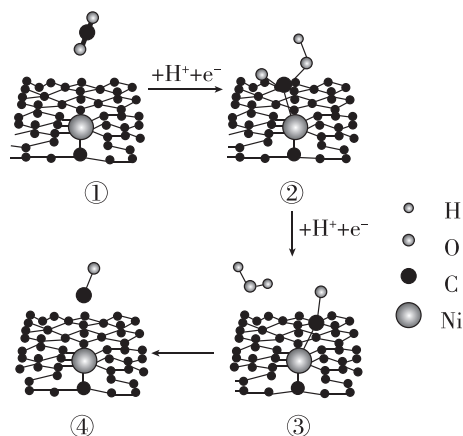
3. 从海水中提取铀,  $\text{Fe-N}_x\text{-C-R}$  作催化剂, 其反应机理、能量与反应历程的关系如图所示。



下列说法正确的是 ( )

- A. 该反应机理中 Fe 元素化合价未发生改变
- B.  $\text{OH}^-$  浓度过大或过小均导致反应速率降低
- C. 总反应速率的决速步骤为④→⑥
- D. 升高温度, 可以增大反应速率和平衡转化率

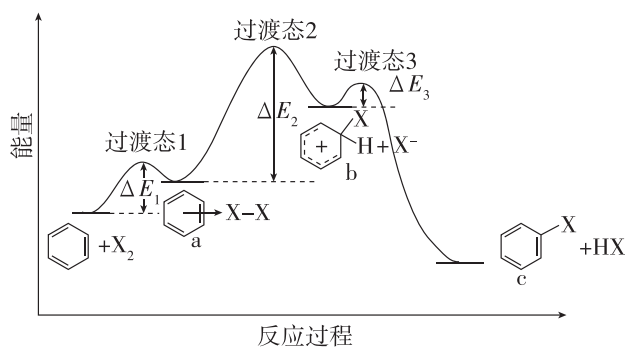
4. [2023·北京房山区房山中学期中] Ni 单原子催化剂具有良好的电催化性能, 催化转化  $\text{CO}_2$  的历程示意图如下:



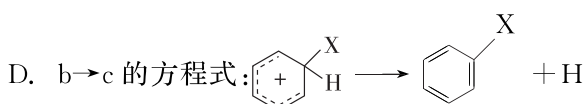
下列说法不正确的是 ( )

- A. 该转化过程中  $\text{CO}_2$  被还原  
 B. ②→③中断裂的与生成的化学键都是非极性共价键  
 C. 生成 1 mol  $\text{CO}$ , 需要转移 2 mol  $e^-$   
 D. 催化剂的使用, 不影响反应焓变

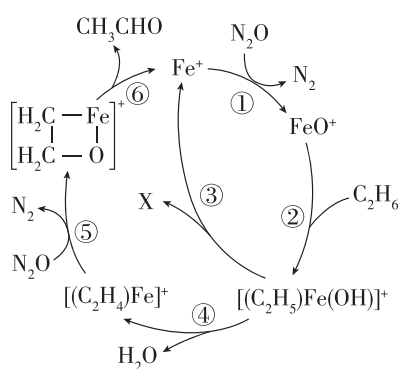
5. [2023·山东泰安期末] 苯在催化剂作用下与卤素单质发生取代反应, 其反应机理和能量变化如图所示, 下列说法错误的是 ( )



- A. 反应过程中的焓变:  $\Delta H < 0$   
 B. 图中 a、b、c 三种物质中, c 物质最稳定  
 C. 由图可知, 形成过渡态 2 的反应是整个反应的决速步



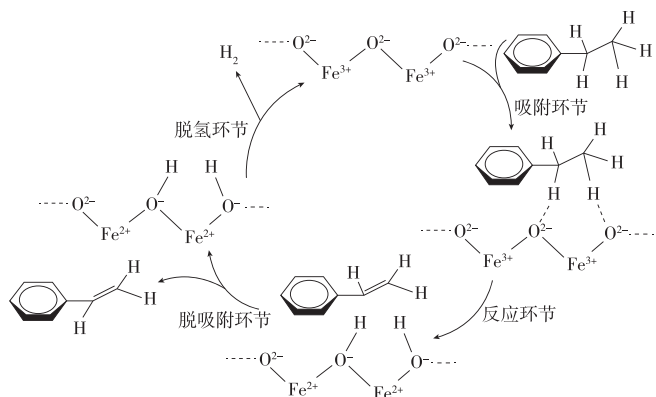
6. [2024·江苏苏州期中] 在  $\text{Fe}^+$  催化下,  $\text{C}_2\text{H}_6$  与  $\text{N}_2\text{O}$  制备乙醛的反应机理如图所示, 下列说法正确的是 ( )



- A.  $\text{Fe}^+$  是反应的中间产物  
 B. 过程①~⑥中铁元素化合价均发生变化  
 C. X 为  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , 是反应的产物之一  
 D. 每消耗 1 mol  $\text{N}_2\text{O}$  可制备 0.5 mol 乙醛

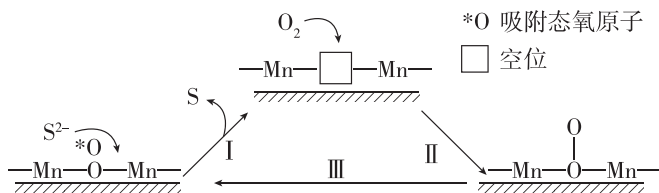
7. [2024·湖北重点中学智学联盟月考] 在催化剂  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  作用下, 乙苯可脱氢制得苯乙烯, 反应机理如图所示, “吸附环节”中乙苯分子被吸附在催化剂

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  表面活性位点并被活化, 下列说法错误的是 ( )



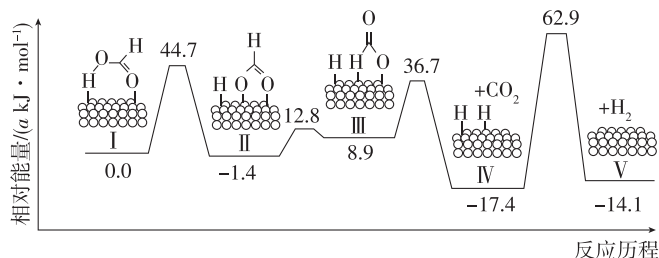
- A. 改变  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  颗粒大小会影响反应速率  
 B. 温度较高时, 有利于“吸附环节”的发生  
 C.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  降低乙苯脱氢反应的活化能, 提高了化学反应速率  
 D. 该催化剂在使用过程中, 失活现象比较严重, 由此推断“脱氢环节”除了产生  $\text{H}_2$ , 还可能生成  $\text{H}_2\text{O}$  离开催化剂表面

8. [2023·福建龙岩统考] 炼油、石化等含  $\text{S}^{2-}$  工业废水可通过催化氧化法进行处理。将  $\text{MnO}_2$  嵌于聚苯胺(高温会分解)表面制成催化剂, 碱性条件下, 催化氧化废水的机理如图所示。下列说法正确的是 ( )



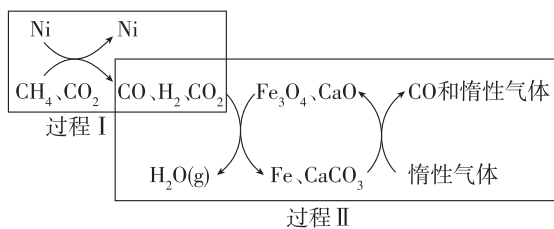
- A. 催化剂因 S 覆盖表面或进入空位而失效, 高温灼烧后可继续使用  
 B. 反应 I 为  $2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} + * \text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{S}$   
 C. 反应过程 I 中化合价发生变化的元素仅有 S 和 O  
 D. 反应 III 的  $\Delta H > 0$

9. 1 mol  $\text{HCOOH}$  在 Pd 催化剂表面脱氢的反应历程与能量的关系如图所示, 下列说法正确的是 ( )

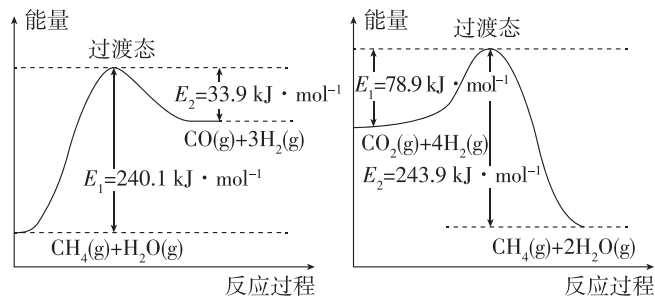


- A. 反应历程用 DCOOH 代替 HCOOH, 得到的产物可能有 HD 和 CO<sub>2</sub>
- B. Pd 催化剂可以加快反应速率, 降低反应的活化能, 但不参与反应
- C. 历程中决速步骤的活化能为 80.3 kJ · mol<sup>-1</sup>
- D. 以上反应历程涉及极性键和非极性键的断裂与形成

10. CH<sub>4</sub> 超干重整 CO<sub>2</sub> 的催化转化如图甲所示, 相关反应的能量变化如图乙所示。



甲



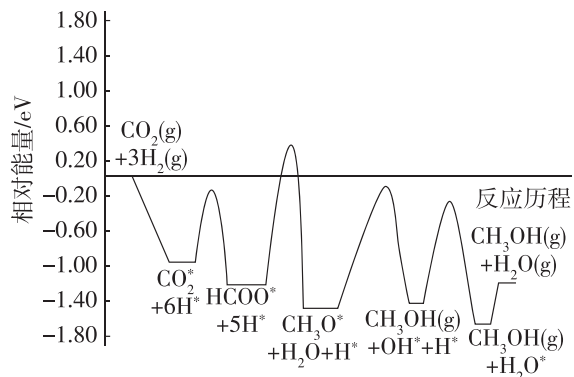
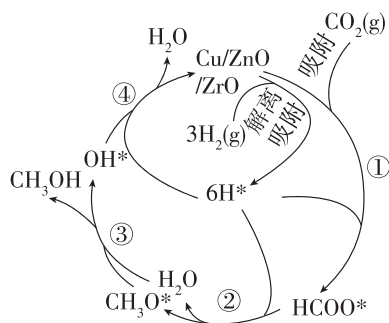
乙

下列说法不正确的是 ( )

- A. 过程 I 的热化学方程式为  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta H = +247.4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 过程 II 实现了含碳物质与含氢物质的分离
- C. 过程 II 中 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、CaO 为催化剂, 降低了反应的  $\Delta H$
- D. CH<sub>4</sub> 超干重整 CO<sub>2</sub> 的总反应为  $\text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 \rightleftharpoons 4\text{CO} + 2\text{H}_2\text{O}$

11. [2024 · 湖南长沙长郡中学月考] 二氧化碳选择性加氢制甲醇是解决温室效应、发展绿色能源和实现经济可持续发展的重要途径之一。常温常压下利用铜基催化剂实现二氧化碳选择性加氢制甲醇的反应机理和能量变化如图所示(其中吸附在催化剂表面上的粒子用“\*”标注), 下列说法错误的是 ( )

- A. 催化剂能改变反应机理, 加快反应速率, 降低反应热

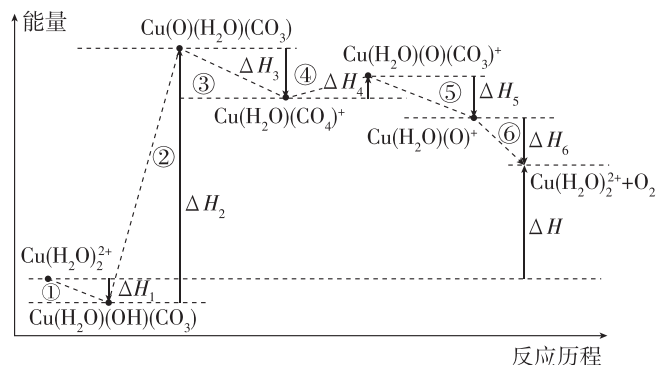


B. 二氧化碳选择性加氢制甲醇是放热反应

C. 该历程的决速步为  $\text{HCOO}^* + 4\text{H}^* \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{O}^* + \text{H}_2\text{O}$

D. 总反应为  $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

12. [2023 · 北京海淀区阶段测试] 光解水制氢的关键步骤是水的氧化。我国科学家用仿生催化剂[用 Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub><sup>2+</sup> 表示]实现在 NaHCO<sub>3</sub> 溶液中高效催化水的氧化, 该过程物质转化及反应能量变化示意图如下:



下列说法不正确的是 ( )

- A. 步骤①可表示为  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_2^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{H}_2\text{O})(\text{OH})(\text{CO}_3) + \text{H}_2\text{CO}_3$
- B. 水的氧化反应为  $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e}^- + 4\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{O}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{CO}_3$
- C.  $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5 + \Delta H_6$
- D. 催化剂参与反应, 降低活化能, 加快反应速率