

全品



教辅图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年创始人专注教育行业

全品学练考

AI智慧教辅

主编 肖德好

导学案

高中化学

必修第二册 SJ

本书为AI智慧教辅

“讲课智能体”支持学生聊着学，扫码后哪里不会选哪里；随时随地想聊就聊，想问就问。



江西美术出版社
全国百佳图书出版单位

CONTENTS

目录 | 导学案

06 专题6 化学反应与能量变化

PART SIX

第一单元 化学反应速率与反应限度	107
第 1 课时 化学反应速率	107
拓展微课 1 “控制变量法”在化学反应速率中的应用	110
第 2 课时 化学反应的限度 化学平衡状态	111
拓展微课 2 “三段式法”的应用及图像分析	115
第二单元 化学反应中的热	116
第 1 课时 放热反应与吸热反应	116
第 2 课时 燃料燃烧释放的能量 氢燃料的应用前景	121
第三单元 化学能与电能的转化	124
第 1 课时 化学能转化为电能	124
第 2 课时 化学电源	127
► 专题素养提升	130

07 专题7 氮与社会可持续发展

PART SEVEN

第一单元 氮的固定	133
第二单元 重要的含氮化工原料	136
第 1 课时 氨气	136
第 2 课时 硝酸	138
第三单元 含氮化合物的合理使用	142
拓展微课 3 常见气体的制备与检验	145
► 专题素养提升	147

第一单元 化石燃料与有机化合物	151
第 1 课时 天然气的利用 甲烷	151
第 2 课时 石油炼制 乙烯	155
第 3 课时 煤的综合利用 苯	158
第二单元 食品中的有机化合物	162
第 1 课时 乙醇	162
第 2 课时 乙酸	165
第 3 课时 酯 油脂	168
第 4 课时 糖类	172
第 5 课时 蛋白质和氨基酸	176
第三单元 人工合成有机化合物	178
拓展微课 4 有机物官能团的特征反应及转化	183
④ 专题素养提升	184

第一单元 金属的冶炼方法	190
第二单元 探究铁及其化合物的转化	194
第 1 课时 反应的合理选择	194
第 2 课时 反应条件的控制	198
第三单元 金属材料的性能及应用	201
④ 专题素养提升	205

◆ 参考答案	207
--------------	-----

专题 6 化学反应与能量变化

第一单元 化学反应速率与反应限度

第 1 课时 化学反应速率

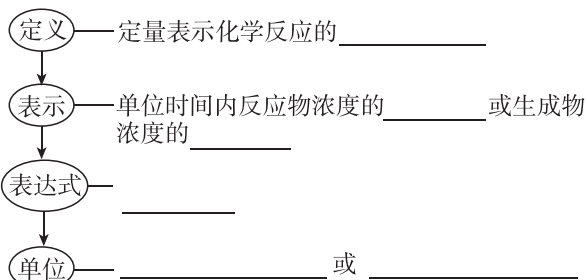
新课探究

知识导学 素养初识

◆ 学习任务一 化学反应速率的概念

【课前自主预习】

1. 化学反应速率



2. 实例

在一定条件下,某过氧化氢溶液中 H_2O_2 的浓度在 100 min 内从 $5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 下降到 $4 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,则在这 100 min 中, H_2O_2 的浓度减少了_____。在此过程中, H_2O_2 分解反应的平均速率是_____。

【情境问题思考】

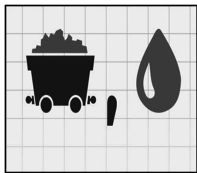
化学反应的快慢不同。有的可瞬间完成(如烟花的燃放),有的则较为缓慢(如铁生锈),有的则极为缓慢(如煤、石油的形成)。那么我们在科学研究中怎样表示一个化学反应的快慢呢?



烟花的燃放



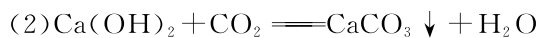
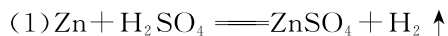
铁生锈



煤、石油

问题一:再列举一些生产生活中较快或较慢的化学反应的案例。

问题二:如何定性判断下列化学反应进行的快慢?

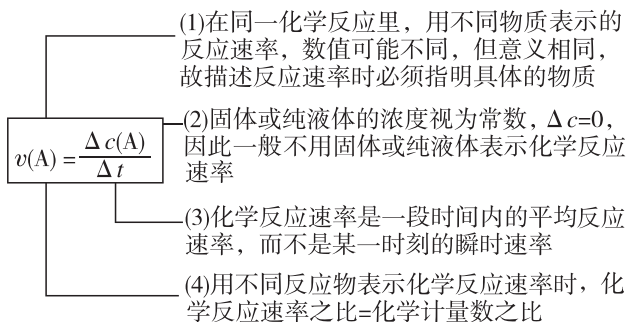


问题三:请回忆物理学中我们是如何定量地判断一个物体运动的快慢的?类似地,化学上又是如何定量地判断一个化学反应快慢的呢?

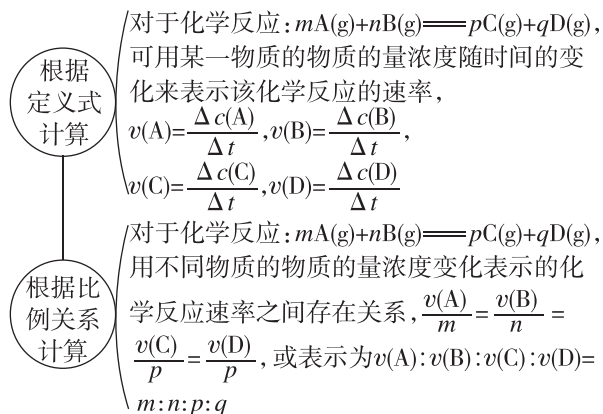
问题四:化学反应速率表示的是瞬时速率吗?

【核心知识讲解】

1. 化学反应速率的正确理解



2. 化学反应速率计算的两种方法



【知识迁移应用】

例 1 反应 $4A(g) + 5B(g) \rightleftharpoons 4C(g) + 6D(g)$ 在 10 L 恒容密闭容器中进行, 半分钟后, D 的物质的量增加了 0.54 mol, 则此反应的平均速率 $v(X)$ (反应物的消耗速率或产物的生成速率) 可表示为 ()

- A. $v(A) = 0.0012 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 B. $v(B) = 0.0125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 C. $v(C) = 0.0010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 D. $v(D) = 0.054 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

例 2 对于反应 $A_2(g) + 3B_2(g) \rightleftharpoons 2C(g)$ 来说, 以下化学反应速率表示的反应速率最快的是 ()

A. $v(A_2) = 1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 B. $v(B_2) = 4.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 C. $v(C) = 1.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 D. $v(B_2) = 1.7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

【规律小结】 化学反应速率比较的两种方法

- 转化法**
- (1) 先统一化学反应速率的单位 ($60 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$);
 - (2) 结合化学方程式中各物质的化学计量关系, 换算成同一物质表示的反应速率, 再比较数值的大小
- 比值法**
- (1) 先统一反应速率的单位, 再比较化学反应速率与对应物质化学计量数的比值大小;
 - (2) 示例: 如反应 $aA + bB \rightleftharpoons cC$, 要比较 $v(A)$ 与 $v(B)$ 的相对大小, 即比较 $\frac{v(A)}{a}$ 与 $\frac{v(B)}{b}$ 的相对大小, 若 $\frac{v(A)}{a} > \frac{v(B)}{b}$, 则用 $v(A)$ 表示的反应速率比 $v(B)$ 大

◆ 学习任务二 影响化学反应速率的因素

【课前自主预习】

1. 内因——“决定因素”

决定化学反应速率的主要因素是_____。

例如: 等物质的量的 Mg、Zn 分别与等体积、等浓度的盐酸反应时, Mg 发生的反应更剧烈, 反应更快。

2. 外因(其他条件不变时)

- 浓度**——反应物的浓度越大, 反应速率越_____
- 压强**——对于有气体参加的反应, 压强越大, 反应速率越_____
- 温度**——反应的温度越高, 反应速率越_____
- 催化剂**——加入催化剂能够显著地_____反应速率

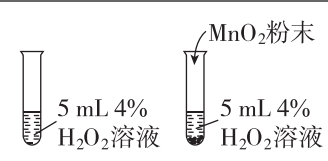
3. 影响化学反应速率的其他因素

除浓度、压强、温度和催化剂外, 还有反应物的状

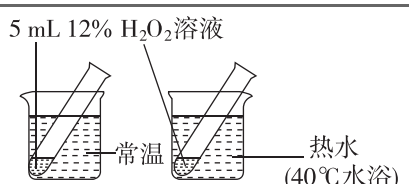
态、固体_____、溶剂、光照等许多因素。人们可以通过改变这些因素来调控化学反应速率。

4. 基础实验验证

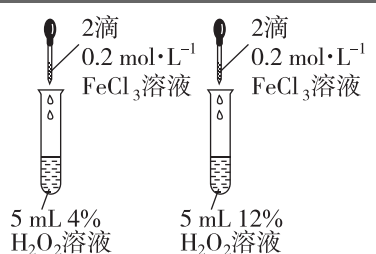
(1) 催化剂对化学反应速率的影响

实验操作	
实验现象	均有气泡产生, 加 MnO_2 粉末的试管产生气泡快
实验结论	MnO_2 可以使 H_2O_2 分解的速率_____

(2) 温度对化学反应速率的影响

实验操作	
实验现象	均有气泡产生, 40°C 水浴的试管产生气泡快
实验结论	其他条件相同时, 温度越高, H_2O_2 的分解速率_____

(3) 浓度对化学反应速率的影响

实验操作	
实验现象	均有气泡产生, H_2O_2 溶液浓度大的试管产生气泡快
实验结论	其他条件相同时, 反应物浓度越大, 反应速率_____

【情境问题思考】

不同化学反应进行的快慢是千差万别的。对于有利的化学反应, 我们希望它们以适当的速率发生, 如工业合成氨、炼铁、炼钢等; 对于有害的化学反应, 我们希望它们尽可能地慢些发生, 如食物的腐败、钢铁的腐蚀、人体的老化等。研究影响化学反应速率的因素, 人们就可以调控化学反应速率, 让化学反应为人类造福。

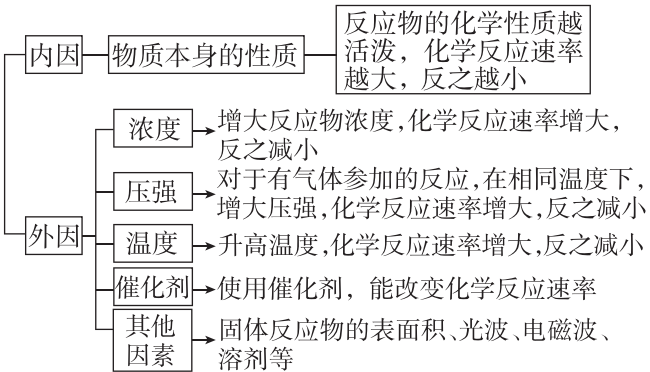
问题一：在炎炎夏日，中午没有吃完的饭菜如果不放到冰箱中就会变质，晚上就不能食用，为什么呢？

问题二：在什么样的环境中钢铁会容易发生腐蚀呢？

问题三：用过氧化氢溶液制氧气时，如何加快制取速率呢？铁丝在空气中容易燃烧吗？为什么？

【核心知识讲解】

影响化学反应速率的因素



【知识迁移应用】

例3 一定条件下，对于反应： $\text{CaCO}_3(\text{块状}) + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，为加快该反应速率，下列方法可行的有 ()

- ①增加盐酸的浓度 ②增加同浓度盐酸的用量
③加水 ④增加 $\text{CaCO}_3(\text{块状})$ 的用量 ⑤将块状 CaCO_3 改为粉末状 CaCO_3 ⑥将盐酸换为物质的量浓度相同的硫酸

A. 1 项 B. 2 项 C. 3 项 D. 4 项

例4 [2024·山西晋城平城中学高一期中] 某小组利用硫代硫酸钠溶液与稀硫酸反应： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ，探究反应条件对速率的影响，下列有关说法正确的是 ()

选项	反应温度/ $^{\circ}\text{C}$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液		稀硫酸		H_2O
		V/mL	$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	V/mL	$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	
①	25	10	0.1	10	0.1	0
②	25	5	0.1	10	0.1	x
③	50	10	0.1	5	0.2	5
④	50	10	0.1	10	0.1	0

- A. 可通过产生浑浊的时间或单位时间内产生气体的体积判断反应的快慢
- B. ①③两组实验可探究硫酸浓度对反应速率的影响
- C. 若 $x=0$ ，②④两组实验可探究温度对反应速率的影响
- D. 若 $x=5$ ，①②两组实验可探究 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 浓度对反应速率的影响

课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断下列说法是否正确(错的打“×”，对的打“√”)。

- (1) 化学反应速率通常用单位时间内生成或消耗某物质的质量的多少来表示。 ()
- (2) 反应速率的大小表示某时刻反应的快慢。 ()
- (3) 对于反应： $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ ，可以用 CaCO_3 的浓度变化来表示该反应的反应速率。 ()
- (4) 实验室中利用 Zn 和稀硫酸反应制取 H_2 ，把稀硫酸换成浓硫酸，则反应速率更快。 ()
- (5) 向双氧水中加入二氧化锰，反应速率加快。 ()

2. [2025·河北保定唐县一中高一月考] 可逆反应 $2\text{A}(\text{g}) + \text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{g}) + 2\text{D}(\text{g})$ ，在四种不同情况下的反应速率如下，其中反应进行得最快的是 ()

- A. $v(\text{A}) = 0.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
B. $v(\text{B}) = 0.6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
C. $v(\text{C}) = 0.9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
D. $v(\text{D}) = 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

3. 反应 $\text{A}(\text{g}) + 3\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{C}(\text{g}) + 2\text{D}(\text{g})$ 中几种物质的反应速率的关系正确的是 ()

A. $v(\text{C}) = 2v(\text{A})$ B. $3v(\text{B}) = 2v(\text{D})$
C. $v(\text{A}) = 3v(\text{B})$ D. $2v(\text{D}) = v(\text{A})$

4. 在密闭容器中发生反应： $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons{\text{高温}} 2\text{CO}(\text{g})$ ，可使反应速率增大的是 ()

- ①增大压强 ②升高温度 ③增加碳的量
④减小压强

- A. ①②③④ B. ②③④
C. ①② D. ③④

5. 根据工业制硫酸的第一步反应： $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightleftharpoons{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ ，试回答下列问题。

(1)常选用哪些物质来表示该反应的化学反应速率？_____。

(2)当生成 SO_2 的速率为 $0.64 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 时，则氧气减少的速率为_____。

(3)如测得 4 s 后 O_2 的浓度为 $2.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，此时间段内 SO_2 的生成速率为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ，则开始时氧气的浓度为_____。

(4)为加快黄铁矿煅烧的速率，可以采取哪些措施？_____ (答两条)。



拓展微课1 “控制变量法”在化学反应速率中的应用

【必备知识】

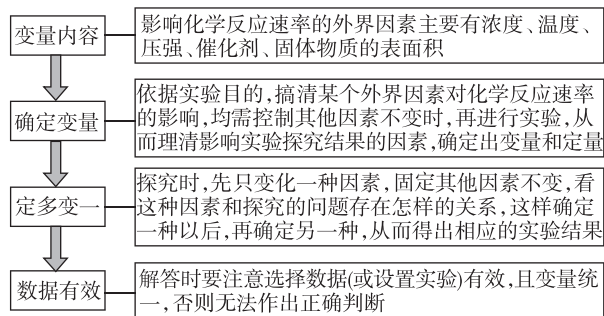
为简化多因素影响的问题，常采用每次只改变一个影响因素，控制其余因素不变的方法进行实验，研究被改变的因素对事物发展的影响。在研究影响化学反应速率的因素时，常用这种控制变量的方法。

1. 常见考查形式

(1)以表格或图像的形式给出多组实验数据，让学生根据每组数据的变化来确定研究对象及其对化学反应速率的影响。

(2)给出影响化学反应速率的几种因素，让学生设计实验分析各因素对化学反应速率的影响。

2. 解题策略



【综合应用】

◆ 角度一 单一变量对化学反应速率的影响

例 1 某兴趣小组将表中所给的混合溶液分别加入 6 个盛有过量锌粒的反应瓶中，以探究硫酸铜的浓度对稀硫酸与锌反应生成氢气速率的影响。下列判断错误的是 ()

- A. $V_1 = 30, V_6 = 10, V_7 = 20$
B. 本实验利用了控制变量思想，变量为硫酸铜浓度

实验组别		1	2	3	4	5	6
混合溶液	$4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ 溶液/mL	30	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
	饱和 CuSO_4 溶液/mL	0	0.5	2.5	5	V_6	20
	H_2O /mL	V_7	V_8	V_9	V_{10}	10	0

C. 反应一段时间后，实验 1 中的金属呈灰黑色，实验 6 的金属呈紫红色

D. 该小组的实验结论是所加硫酸铜的量越多，生成氢气的速率越快

变式 对利用甲烷消除 NO_2 污染进行研究，反应的化学方程式为 $\text{CH}_4 + 2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。在 2 L 恒容密闭容器中，控制不同温度，分别加入 0.50 mol CH_4 和 1.2 mol NO_2 ，测得 $n(\text{CH}_4)$ 随时间变化的有关实验数据如表所示。下列说法正确的是 ()

组别	温度	n/mol	时间/min				
			0	10	20	40	50
①	T_1	$n(\text{CH}_4)$	0.50	0.35	0.25	0.10	0.10
②	T_2	$n(\text{CH}_4)$	0.50	0.30	0.18	0.15	0.15

- A. 组别①中，0~20 min 内， NO_2 的降解速率为 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
B. 由实验数据可知实验控制的温度： $T_1 < T_2$
C. 0~10 min 内， CH_4 的降解速率：①>②
D. 组别②中，20 min 时， CO_2 的浓度为 $0.32 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

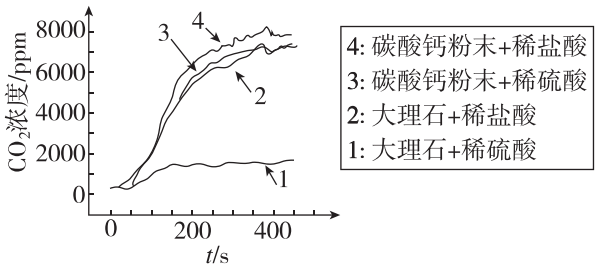
◆ 角度二 多个变量对化学反应速率的影响

例 2 为了研究外界条件对 H_2O_2 分解反应速率的影响,某同学在 4 支试管中分别加入 3 mL H_2O_2 溶液,并测量收集 V mL 气体时所需的时间,实验记录如表所示:

实验序号	H_2O_2 溶液浓度	H_2O_2 溶液温度/ $^{\circ}\text{C}$	催化剂	所用时间
①	5%	20	2 滴 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液	t_1
②	5%	40	2 滴 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液	t_2
③	10%	20	2 滴 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ FeCl_3 溶液	t_3
④	5%	20	不使用	t_4

- 下列说法中不正确的是 ()
- A. 实验①②研究温度对反应速率的影响
- B. 实验②④研究催化剂对反应速率的影响
- C. 获得相同体积的 O_2 : $t_1 > t_3$
- D. 实验③与④比较: $t_3 < t_4$

变式 [2024·北京石景山高一期末] 某小组采用等质量的大理石(主要成分为碳酸钙)和碳酸钙粉末、足量的 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀盐酸和 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀硫酸研究实验室制备 CO_2 的化学反应速率。实验中 CO_2 的浓度随时间的变化如图所示。



- 下列说法正确的是 ()
- A. 比较实验 1 和实验 2,可以说明 $c(\text{H}^+)$ 对生成 CO_2 的速率有影响
- B. 比较实验 1 和实验 4,可以说明生成 CO_2 的速率和酸中阴离子的种类有关
- C. 实验结论:生成的 CaSO_4 对碳酸钙粉末比对大理石的包裹作用更强
- D. 综合以上四个实验推断大理石粉末和稀硫酸反应能用于制备 CO_2

第 2 课时 化学反应的限度 化学平衡状态

新课探究

知识导学 素养初识

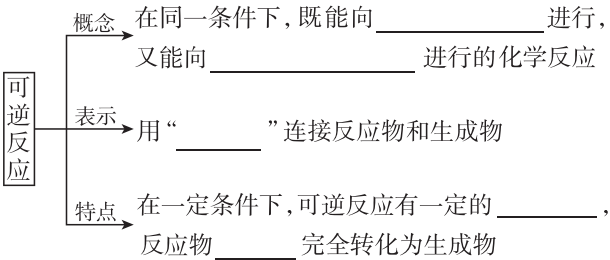
◆ 学习任务一 可逆反应

【课前自主预习】

1. Cl_2 与 H_2O 的反应

- (1) 化学方程式: _____。
- (2) 溶液中 { 分子: _____、 H_2O 、_____
微粒 { 离子: _____
- (3) 特点: Cl_2 和 H_2O 发生的反应 _____ (填“能”或“不能”)完全进行到底。

2. 可逆反应



3. FeCl_3 溶液与 KI 溶液反应的实验探究

实验操作			
对应试管	①	②	③
实验现象	溶液变 _____ 色	液体分层 { 上层 _____ 色 下层 _____ 色	溶液变为 _____ 色
实验结论	离子方程式: _____ _____ _____	_____ 易溶于苯等有机溶剂中	下层清液中含 _____,说明①中反应是 _____

【情境问题思考】

硫酸是一种重要的化工产品,工业上制取硫酸的过程中非常重要的一步就是将 SO_2 氧化成 SO_3 。实际生产中,无论混合气体反应多长时间, SO_2 和 O_2 都会有剩余。即使 O_2 过量, SO_2 也不能全部转化为 SO_3 ,这是为什么呢?

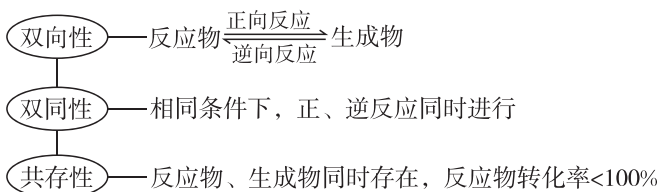
问题一: Cl_2 与水的反应是可逆反应,哪些证据能说明该反应有一定的限度?

问题二: 在密闭容器中充入 2 mol SO_2 和 2 mol O_2 ,在一定条件下发生 SO_2 的催化氧化反应,充分反应一段时间后,最终容器中能否生成 2 mol SO_3 ?

问题三: 醋酸是一种弱酸,醋酸溶液中存在哪些微粒?醋酸为什么不能完全电离?写出其电离方程式。

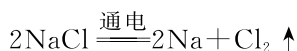
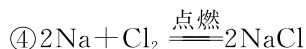
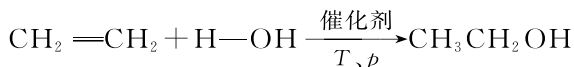
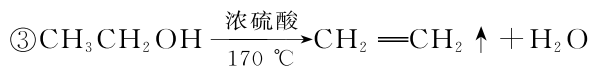
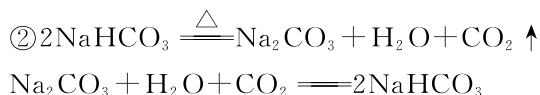
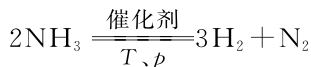
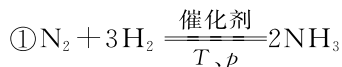
【核心知识讲解】

可逆反应的特点



【知识迁移应用】

例 1 下列反应中,属于可逆反应的是 ()



A. 只有①

B. ①②③

C. ①②③④

D. ①③④

例 2 在一密闭容器中进行反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2\text{SO}_3(\text{g})$ 。已知反应过程中某一时刻 SO_2 、 O_2 和 SO_3 浓度分别为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。当反应达到限度时,可能存在的数值是 ()

A. SO_2 为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 O_2 为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

B. SO_2 为 $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

C. SO_3 为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

D. SO_2 、 SO_3 均为 $0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

【规律小结】

(1) 可逆反应的特点——“二同、一不完全”

①“二同”——可逆反应中正、逆两个反应是在“同”一条件下“同时”进行的。

②“一不完全”——可逆反应中反应物不能“完全转化”,反应物与生成物共存。

(2) 解答例 2 类题目的方法和依据

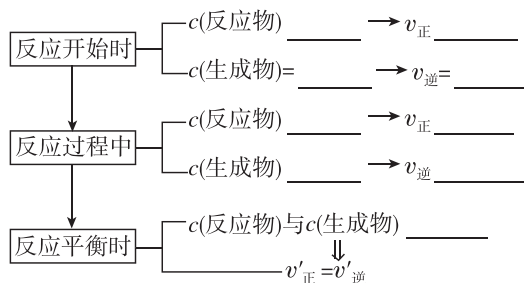
①方法:先假设反应物 100% 转化为生成物,求出 $c(\text{反应物})$ 的最小值和 $c(\text{生成物})$ 的最大值;再假设生成物 100% 转化为反应物,求出 $c(\text{反应物})$ 的最大值和 $c(\text{生成物})$ 的最小值,最后讨论分析。

②依据:可逆反应中反应物的转化率小于 100%。

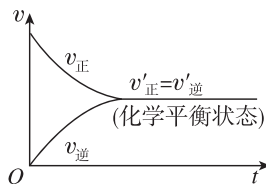
◆ 学习任务二 化学平衡状态

【课前自主预习】

1. 化学平衡的建立



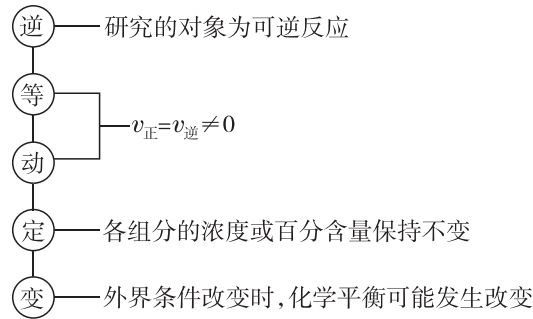
上述过程用图像表示为



2. 化学平衡状态的概念

在一定条件下,当 _____ 的速率相等时,反应物和生成物的浓度 _____,反应达到化学平衡状态。

3. 化学平衡状态的特点



[点拨] 化学平衡状态的理解误区

- (1)平衡时,各物质的浓度不变,不是浓度相等。
- (2)平衡时,各物质的浓度不变,不能说明反应停止了。
- (3)平衡是在一定条件下建立的,条件改变时,平衡可能被破坏。

【情境问题思考】

日月星辰、江湖山川、花草树木、飞禽走兽,天地之间,自然万物保持着和谐,整个生态维持着一种动态的平衡,春夏秋冬、四季轮回,大自然向我们展现着它的和谐与平衡。同样对于化学反应,也存在一种动态的平衡。

问题一:可逆反应在一定条件下总会达到化学平衡,这里的“一定条件”指什么条件?在一定条件下,一个可逆反应进行到最大限度就是达到化学平衡状态,这时正、逆反应都停止了吗?

问题二:对于工业合成氨反应 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$,用不同的物质来表示该反应的速率时, $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$ 的具体意义是什么?

问题三:对于反应 $2\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$,温度和体积一定时,混合气体的颜色不再变化,能否判断该反应达到化学平衡状态?

【核心知识讲解】

化学平衡状态判断的依据 [以 $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g}) + q\text{D}(\text{g})$ 为例]

(1)根本依据—— $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$

①含义

- 同一物质: $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$
- 不同物质:化学反应速率之比等于化学计量数之比,方向相反

②举例

在单位时间内消耗了 m mol A 同时生成 m mol A,即 $v_{\text{正}}=v_{\text{逆}}$	平衡
在单位时间内消耗了 n mol B 同时生成 p mol C,均指 $v_{\text{正}}$	不一定平衡
$v(\text{A}):v(\text{B}):v(\text{C}):v(\text{D})=m:n:p:q$, $v_{\text{正}}$ 不一定等于 $v_{\text{逆}}$	不一定平衡
在单位时间内生成了 n mol B,同时消耗 q mol D,均指 $v_{\text{逆}}$	不一定平衡

(2)直接依据——各组分的浓度不再改变

①含义

各组分的浓度不再改变,则各组分的物质的量、质量、物质的量分数、质量分数、体积分数不再改变。

②举例

各物质的物质的量或各物质的百分含量一定	平衡
各物质的质量或各物质的质量分数一定	平衡
各气体的体积或体积分数一定	平衡
总压强、总体积、总物质的量一定	不一定平衡

(3)其他依据

压强	① $m+n \neq p+q$ 时,总压强一定(其他条件一定)	平衡
	② $m+n = p+q$ 时,总压强一定(其他条件一定)	不一定平衡
混合气体的平均相对分子质量($\overline{M_r}$)	① $m+n \neq p+q$ 时, $\overline{M_r}$ 一定	平衡
	② $m+n = p+q$ 时, $\overline{M_r}$ 一定	不一定平衡
温度	任何化学反应都伴随着能量变化,在其他条件不变的条件下,体系温度一定时	平衡
体系的密度	密度一定	不一定平衡

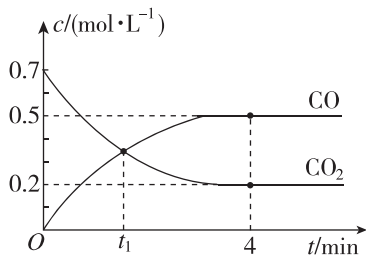
【知识迁移应用】

例 3 可逆反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ 在恒温恒容密闭容器中进行:

- ①单位时间内生成 $n \text{ mol O}_2$ 的同时,生成 $2n \text{ mol NO}_2$
 - ②单位时间内生成 $n \text{ mol O}_2$ 的同时,生成 $2n \text{ mol NO}$
 - ③用 NO_2 、 NO 和 O_2 的物质的量浓度变化表示的反应速率之比为 $2:2:1$
 - ④混合气体的颜色不再改变
 - ⑤混合气体的密度不再改变
 - ⑥混合气体的压强不再改变
 - ⑦混合气体的平均相对分子质量不再改变
- 可说明该反应达到化学平衡状态的是 ()

- A. ①④⑥⑦ B. ②④⑥
C. ①④⑤⑦ D. ①②⑥⑦

例 4 [2025·江苏常州联盟校高一月考] 一定温度下,向某密闭容器中加入足量铁粉并充入一定量的 CO_2 气体,发生反应: $\text{Fe}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{FeO}(\text{s}) + \text{CO}(\text{g})$,下列说法正确的是 ()



- A. $t_1 \text{ min}$ 时, $c(\text{CO}_2) = c(\text{CO})$, 则反应达到了平衡
- B. 4 min 末, $v(\text{CO}_2) = 0.125 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- C. 若保持容器压强不变,充入 He ,化学反应速率不变
- D. 4 min 后, $\text{CO}(\text{g})$ 的消耗速率与 $\text{CO}_2(\text{g})$ 的消耗速率相等

[规律小结] 利用压强 p 、密度 ρ 、混合气体的平均相对分子质量 $\overline{M}_r$ 等判断化学平衡时要“三看”

- (1)一看外界条件即容器的容积是固定的还是可变的;
- (2)二看反应中是否全为气体物质,即气体的质量是否守恒;
- (3)三看反应前后气体分子数是否变化。

课堂评价

知识巩固 素养形成

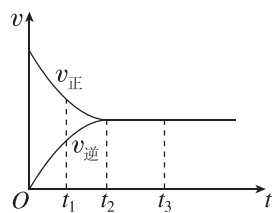
1. 判断下列说法是否正确(错的打“×”,对的打“√”)。

- (1) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ 与 $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 互为可逆反应。 ()
- (2)通过改变反应条件,可逆反应中反应物的转化率可达到 100%。 ()
- (3)化学反应达到限度时,正、逆反应速率相等。 ()
- (4)可逆反应达到平衡后,正反应和逆反应都停止。 ()
- (5)若将 1 mol N_2 和 3 mol H_2 充入密闭容器中充分反应,最终生成 2 mol NH_3 。 ()
- (6)对于容积固定的容器内的反应: $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$, 当其密度不变时说明反应已达到平衡状态。 ()
- (7)恒温恒容的容器中,对于反应: $2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, 当其压强不再变化时,反应均已达到平衡状态。 ()

2. 一氧化碳与一氧化氮的反应可应用于汽车尾气的净化。一定条件下,在恒容密闭容器中发生反应: $2\text{CO}(\text{g}) + 2\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + \text{N}_2(\text{g})$ 。达到化学平衡状态时,下列说法正确的是 ()

- A. 反应停止
- B. N_2 的浓度保持不变
- C. CO 完全转化
- D. CO 与 N_2 的浓度相等

3. 可逆反应 $\text{X}_2 + 3\text{Y}_2 \rightleftharpoons 2\text{Z}_2$ 在反应过程中的反应速率(v)与时间(t)的关系曲线如图所示。下列叙述不正确的是 ()

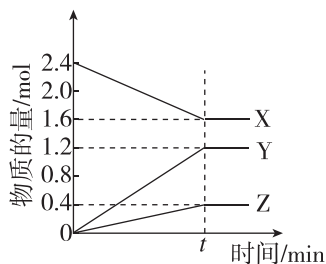


- A. t_1 时, $v_{\text{正}} > v_{\text{逆}}$
- B. t_2 时,反应达到平衡状态
- C. $t_2 \sim t_3$ 时,反应不再发生
- D. $t_2 \sim t_3$ 时,各物质的浓度不再发生变化

4. 恒温恒容的密闭容器中,能标志可逆反应 $\text{A}(\text{s}) + 2\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{g}) + \text{D}(\text{g})$ 已达平衡的是 ()

- A. 混合气体的压强不随时间变化而变化
- B. 气体总物质的量不随时间变化而变化
- C. $2v_{\text{正}}(\text{B}) = v_{\text{逆}}(\text{D})$
- D. 混合气体的密度保持不变

5. 某温度下,在 2 L 的恒容密闭容器中,X、Y、Z 三种物质(均为气态)间进行反应,其物质的量随时间的变化曲线如图所示。



(1)该反应的化学方程式可表示为_____。

(2)反应起始至 t min(设 $t=5$),Y 的平均反应速率是_____。

(3)在 t min 时,该反应达到了_____状态,下列可判断反应已达到该状态的是_____ (填字母)。

- A. X、Y、Z 的反应速率相等
- B. X、Y 的反应速率之比为 2 : 3
- C. 混合气体的密度不变
- D. 生成 1 mol Z 的同时生成 2 mol X
- E. X、Y、Z 物质的量之比等于化学计量数之比
- F. 混合气体的总压强不再发生改变

拓展微课2 “三段式法”的应用及图像分析

◆ 角度一 “三段式法”的应用

【必备知识】

利用“三段式法”计算的思维模板

化学平衡计算的一般思路和方法:化学平衡计算的基本模式为平衡“三段式”;一般步骤为①写出有关反应的化学方程式,②找出各组分物质的量或物质的量浓度的起始量、转化量、平衡量,③根据已知条件列方程计算。

例如: $m\text{A}(\text{g}) + n\text{B}(\text{g}) \rightleftharpoons p\text{C}(\text{g})$

起始量/mol a b c

转化量/mol x $\frac{nx}{m}$ $\frac{px}{m}$

平衡量/mol $a-x$ $b-\frac{nx}{m}$ $c+\frac{px}{m}$

根据所列的“三段式”可以进行一系列的计算:

反应速率: $v(\text{A}) = \frac{x}{V\Delta t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; $v(\text{B}) =$

$\frac{nx}{mV\Delta t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$; $v(\text{C}) = \frac{px}{mV\Delta t} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

A 的转化率 = $\frac{\text{已转化的 A 的物质的量}}{\text{A 转化前的物质的量}} \times 100\%$ 或

$\frac{\text{已转化的 A 的物质的量浓度}}{\text{A 转化前的物质的量浓度}} \times 100\%$

C 的产率 = $\frac{\text{C 的实际产量}}{\text{C 的理论产量}} \times 100\%$

某气体组分的体积分数 $\varphi(\text{A}) =$

$\frac{\text{混合气体中 A 的物质的量}}{\text{混合气体总物质的量}} \times 100\%$

【综合应用】

例 1 [2024 · 湖北宜昌名校高一联考] 一定温度下,将 2 mol NH_3 和 3 mol O_2 充入容积恒为 2 L 的密闭容器中,发生反应 $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g})$,经 5 min 时,测得容器内 O_2 的浓度减少 $0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。下列叙述正确的是

- ()
- A. 0~5 min 内,NO 的平均反应速率为 $0.09 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
- B. 5 min 时,容器内气体的总物质的量为 5.18 mol
- C. 该可逆反应未达限度前,随反应的进行,容器内压强逐渐减小
- D. 达到平衡后,向平衡体系中充入稀有气体,正反应速率增大

变式 [2024 · 广东珠海二中高一月考] 已知反应 $2\text{X}(\text{g}) + \text{Y}(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Z}(\text{g})$,某研究小组将 4 mol X 和 2 mol Y 置于一容积不变的密闭容器中,测定不同时间段内 X 的转化率,得到的数据如表,下列判断正确的是

t/min	2	3.5	8	9
X 的转化率	30%	40%	70%	70%

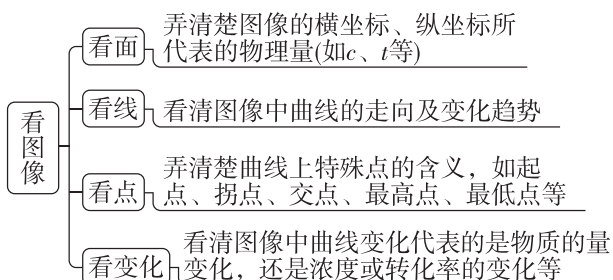
- A. 8 min 时,该反应一定恰好达到平衡状态
- B. 反应在 8.5 min 时, $v_{\text{正}}(\text{X}) = v_{\text{逆}}(\text{Y})$
- C. 9 min 时,容器中剩余 0.6 mol Y
- D. 恒温恒容条件下充入氩气,使容器压强增大,则反应速率加快

◆ 角度二 化学反应速率和限度的图像及分析

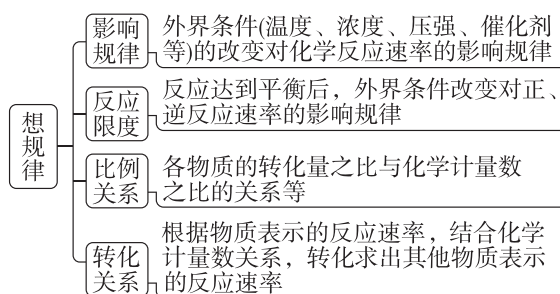
【必备知识】

“三步法”突破化学反应速率与限度的图像问题

(1) 看图像——侧重点、线、面



(2) 想规律——联系外界条件对速率和限度的影响

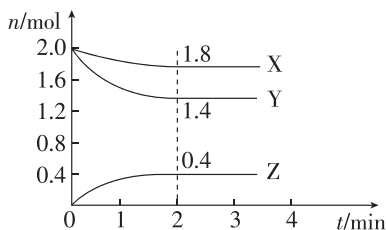


(3) 巧判断——联系规律,结合图像,作出判断 结合化学反应速率和限度的图像,利用有关变化规律,通过对比分析,作出合理的判断。

【综合应用】

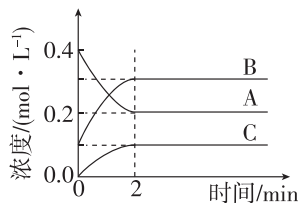
例2 [2024·山西太原高一期末] 某温度时,在2 L 容积固定的密闭容器中,X、Y、Z 三种气体的

物质的量随时间变化的关系如图所示,下列分析正确的是 ()



- A. X 的起始浓度为 $2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 B. 该反应可表示为 $\text{X} + 2\text{Y} \rightleftharpoons 2\text{Z}$
 C. 2 min 以后该反应不再进行
 D. 0~2 min 内 $v(\text{Z}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

变式 如图所示为 800°C 时 A、B、C 三种气体在恒容密闭容器中反应时浓度的变化,只从图上分析能得出的结论是 ()



- A. 发生的反应可表示为 $2\text{B}(\text{g}) + \text{C}(\text{g}) \xrightleftharpoons{800^\circ\text{C}} 2\text{A}(\text{g})$
 B. 反应开始时,正、逆反应同时开始
 C. 前 2 min 内 A 的分解速率为 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
 D. 2 min 时,A、B、C 的物质的量之比为 2 : 3 : 1

第二单元 化学反应中的热

第1课时 放热反应与吸热反应

新课探究

知识导学 素养初识

◆ 学习任务一 放热反应和吸热反应

【课前自主预习】

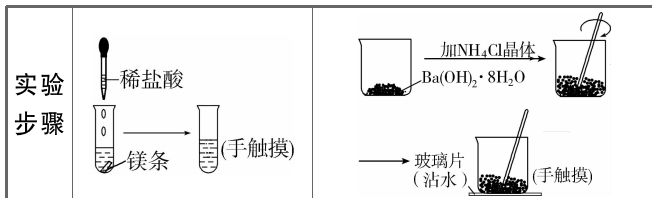
1. 化学反应中的能量变化

化学反应不仅有物质的转变,同时还伴随着_____的变化。化学反应中比较常见的是化学能与热能、电能、光能等的相互转化。

2. 放热反应和吸热反应的概念

化学上把_____的反应称为放热反应,把_____的反应称为吸热反应。

3. 放热反应和吸热反应的实例



(续表)

实验现象	试管中有_____产生,试管外壁_____	小烧杯中的混合物经搅拌后变成_____,并闻到_____气味,小烧杯外壁_____,小烧杯底部的水结冰,并将玻璃片粘在一起
实验结论	该反应发生过程中_____热,属于_____反应。反应的化学方程式:_____	该反应发生过程中_____热,属于_____反应。反应的化学方程式:_____

【情境问题思考】

时下,一种不开火、不插电,只需要一瓶冷水就能自热的火锅在“懒人”中间流行起来。自热火锅的原理是加热包中的生石灰、碳酸钠、铁粉、铝粉、活性炭、硅藻土等成分遇水发生化学反应,释放出大量的热用于加热食物。

问题一:需要加热的反应一定是吸热反应吗?不需要加热就能进行的反应一定是放热反应吗?

问题二:化合反应都是放热反应吗?分解反应都是吸热反应吗?

【核心知识讲解】

常见的放热反应与吸热反应

类型比较	放热反应	吸热反应
概念	放出热的化学反应	吸收热的化学反应
实例	①绝大多数的化合反应,如 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ ②所有的燃烧反应,如 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ③酸碱中和反应,如 $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ④活泼金属与酸或水的反应,如 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ ⑤部分特殊反应,如铝热反应、过氧化钠与水或 CO_2 的反应、氨的催化氧化等	①绝大多数分解反应,如 $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ ②铵盐与碱的反应,如 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} = \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 10\text{H}_2\text{O}$ ③以 C、CO 和 H_2 为还原剂的氧化还原反应,如 $\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$

【知识迁移应用】

例 1 下列反应属于氧化还原反应且放出热量的是 ()

- A. 对浓硫酸进行稀释 B. 碳与水蒸气的反应
C. 氢气与氯气的反应 D. 生石灰与水的反应

例 2 下列变化中属于化学变化且吸热的是 ()

- ①液态水汽化 ②将胆矾加热变为白色粉末
③苛性钠固体溶于水 ④氯酸钾分解制氧气
⑤生石灰跟水反应生成熟石灰 ⑥干冰升华
A. ①② B. ②④ C. ③⑤ D. ①⑥

【规律小结】

任何化学反应都伴有能量的变化,但有能量变化的不一定是化学变化。有些物理过程也有能量变化,如浓硫酸溶于水放出大量热,核反应也伴随着能量变化,但二者都不属于化学反应。

◆ 学习任务二 热化学方程式

【课前自主预习】

1. 含义:可以定量地表示化学反应中_____的_____的化学方程式。

2. 书写“三步骤”

- 写——正确“写”出反应的化学方程式
注——“注”明物质的状态,用 g、l、s 分别表示气态、液态、固态
标——用 ΔH “标”明反应放出或吸收的热,负值表示反应_____热,正值表示反应_____热。 ΔH 的单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

如:1 mol C(s)与1 mol O₂(g)完全反应生成1 mol CO₂气体,放出393.6 kJ的热的热化学方程式为_____。

3. 意义:不仅表明了化学反应中的物质变化,也表明了化学反应中的_____变化。

如热化学方程式 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = +178.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 表示1 mol CaCO₃_____178.2 kJ的热,完全分解生成_____。

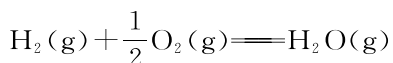
【情境问题思考】

定量研究化学反应中的热量变化很有意义。反应热的数据既可以通过理论计算得到,也可以通过实验测定得到。

问题一: $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ΔH_1 与 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ ΔH_2 中 ΔH_1 、 ΔH_2 相同吗? 有什么关系? 已知 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则1 mol H₂(g)完全燃烧生成 H₂O(l)释放的热量是多少?

问题二:已知 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$\Delta H_1 = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H_2 = -241.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

ΔH 不同的原因是什么?

【核心知识讲解】

有关热化学方程式的“四注意”

书写热化学方程式时应注明 ΔH 的测定条件,一般情况下 ΔH 是在 25 °C、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下测定的,此时可不注明温度和压强。

ΔH 表明反应放出或吸收的热, ΔH 只能写在标有反应物和生成物状态的化学方程式的右边,并用空格隔开,若为放热反应, $\Delta H < 0$;若为吸热反应, $\Delta H > 0$ 。 ΔH 的单位一般为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

物质状态

反应物和生成物的聚集状态不同, ΔH 不同。因此,注明物质的聚集状态才能完整地体现出热化学方程式的意义。气体用“g”,液体用“l”,固体用“s”,溶液用“aq”表示,热化学方程式中不标“↑”“↓”。

化学计量数

热化学方程式中各物质化学式前面的化学计量数仅表示该物质的物质的量,因此化学计量数可以是整数,也可以是分数,且 ΔH 与化学计量数对应成比例。

【知识迁移应用】

例 3 下列热化学方程式表示正确的是 ()

- A. 1 mol CH₄(g)完全燃烧放出 890 kJ 的热,则 CH₄(g)燃烧的热化学方程式可表示为 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = +890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- B. 1 mol C(s)与1 mol O₂(g)完全反应,放出 393.6 kJ 的热,则 C(s)燃烧的热化学方程式为 $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = -393.6 \text{ kJ}$
- C. 2 mol NO₂(g)分解生成 1 mol O₂(g)和 2 mol NO(g),并吸收 116.2 kJ 的热,其热化学方程式为 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{O}_2 + 2\text{NO}$ $\Delta H = +116.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- D. 1 mol CaCO₃(s)吸收 178.2 kJ 的热完全分解,则该反应的热化学方程式为 $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$ $\Delta H = +178.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

【规律小结】判断热化学方程式正误的方法——“四看法”

- (1)看各物质的聚集状态是否正确。
- (2)看 ΔH 的“+”“-”是否正确。
- (3)看 ΔH 的单位是否正确。
- (4)看 ΔH 的数值与化学计量数是否相对应。

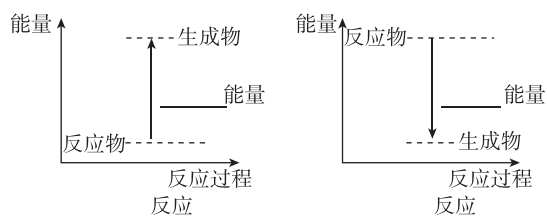
◆ 学习任务三 化学反应中能量变化的原因

【课前自主预习】

1. 物质贮存能量与化学反应中能量的变化(宏观角度)

(1)化学反应中的能量变化:反应物的能量(记为 $E_{\text{反}}$) $\neq$ 生成物的能量(记为 $E_{\text{生}}$)。

(2)放热反应和吸热反应:



2. 化学键与化学反应中能量的变化(微观角度)

(1)化学反应的本质:反应物中旧化学键的_____和生成物中新化学键的_____。

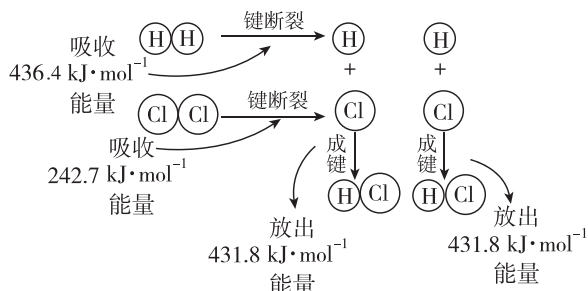
(2)化学反应中的能量变化:化学键_____吸收能量(记为 $Q_{\text{吸}}$),化学键_____放出能量(记为 $Q_{\text{放}}$), $Q_{\text{吸}} \neq Q_{\text{放}} \Rightarrow$ 化学反应中有能量变化。

(3)放热反应和吸热反应:

$Q_{\text{吸}} > Q_{\text{放}} \Rightarrow$ _____反应。

$Q_{\text{吸}} < Q_{\text{放}} \Rightarrow$ _____反应。

(4)计算:



对于反应: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$,

$Q_{\text{吸}} =$ _____,

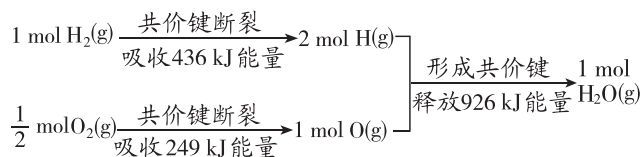
$Q_{\text{放}} =$ _____,

$Q_{\text{吸}} - Q_{\text{放}} =$ _____,

即生成 2 mol $\text{HCl}(\text{g})$ _____ 184.5 kJ 的热量。

【情境问题思考】

氢能被视为 21 世纪最具发展潜力的清洁能源,世界上许多国家和地区已经广泛开展了氢能研究。



氢气燃烧生成水蒸气的能量变化

问题一:氢气在氧气中燃烧时,化学能转化成哪些形式的能量?

问题二:根据图中的能量变化,判断反应 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 是吸热反应还是放热反应?

【核心知识讲解】

1. 微观和宏观角度分析反应的能量变化

类型比较	放热反应	吸热反应
形成原因	反应物的总能量 > 生成物的总能量	反应物的总能量 < 生成物的总能量
与断键、成键中能量变化关系	断键吸收的总能量 < 成键放出的总能量	断键吸收的总能量 > 成键放出的总能量
图示		

2. 化学反应热效应的计算方法

(1)利用热化学方程式进行相关量的求解:

先写出热化学方程式,再根据热化学方程式所体现的物质之间、物质与化学反应的热效应之间的关系直接求算物质的量或化学反应的热效应。

(2)依据反应物与生成物的能量计算:

$$\Delta H = E_{\text{生成物}} - E_{\text{反应物}}。$$

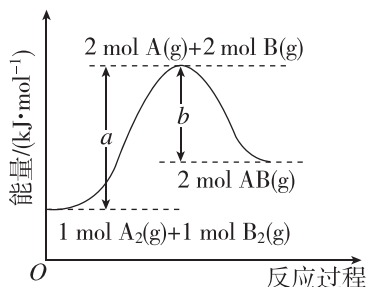
(3)依据反应物与生成物的键能计算:

$$\Delta H = \text{反应物的键能总和} - \text{生成物的键能总和}。$$

【知识迁移应用】

例 4 图像法是研究化学反应的一种常用方法。

已知化学反应 $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g})$ 的能量变化曲线如图所示,则下列叙述中正确的是 ()



- 每生成 2 mol $\text{AB}(\text{g})$ 时吸收 b kJ 能量
- 该反应的 $\Delta H = +(a-b)$ $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 该反应中反应物的总能量高于生成物的总能量
- 断裂 1 mol $\text{A}-\text{A}$ 和 1 mol $\text{B}-\text{B}$ 时放出 a kJ 能量

[规律小结] 物质具有的能量与分子的稳定性

物质具有的能量越低,其分子越稳定,参加反应时,化学键断裂吸收的能量就越多;若是通过新键形成而生成该物质,则放出的能量就越多。反之,物质具有的能量越高,则其分子越不稳定,参加反应时断键所需能量越少;若是通过新键形成而生成该物质时,放出的能量越少。

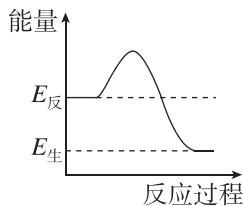
课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断下列说法是否正确(错的打“×”,对的打“√”)。

- (1)化学变化遵循质量守恒和能量守恒。 ()
- (2)有能量变化的过程一定发生了化学反应。 ()
- (3)化学反应中化学能只能转变为热能。 ()
- (4)需要点燃或加热才能发生的反应一定是吸热反应。 ()
- (5)当反应物的总能量大于生成物的总能量时,化学反应吸收能量。 ()
- (6)通过反应物和生成物的键能可以计算出一个化学反应是吸热反应还是放热反应。 ()
- (7)书写热化学方程式时没有注明反应温度和压强,默认 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 101 kPa 的测定条件。 ()
- (8)热化学方程式中各物质化学式前面的化学计量数既可以表示物质的量,又可以表示微粒数目。 ()

2. 下列反应中,属于氧化还原反应且反应前后能量变化符合如图所示曲线的是 ()



- A. 生石灰溶于水
- B. Zn 与盐酸的反应
- C. 高温条件下碳与二氧化碳的反应
- D. $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体与 NH_4Cl 固体的反应

3. 已知: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HF}(\text{g}) \quad \Delta H = -270\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 下列说法正确的是 ()

- A. 1 个 H_2 分子与 1 个 F_2 分子反应生成 2 个 HF 分子放出 270 kJ
- B. 1 mol H_2 与 1 mol F_2 反应生成 2 mol 液态 HF 放出的热量小于 270 kJ

- C. 在相同条件下, 2 mol HF 气体的总能量大于 1 mol H_2 与 1 mol F_2 的总能量
- D. 2 mol HF 气体分解成 1 mol H_2 和 1 mol F_2 吸收 270 kJ 热量

4. (1)下列过程中不一定释放能量的是_____ (填编号,下同)。

- A. 化合反应
- B. 分解反应
- C. 形成化学键
- D. 燃料燃烧
- E. 酸碱中和
- F. 炸药爆炸

(2)等质量的下列物质分别完全燃烧,放出热量较多的是_____。

- A. 硫蒸气
- B. 硫固体

(3)已知 H_2 和 O_2 反应放热,且断开 1 mol H-H 、 1 mol O=O 、 1 mol O-H 需吸收的能量分别为 $Q_1\text{ kJ}$ 、 $Q_2\text{ kJ}$ 、 $Q_3\text{ kJ}$ 。由此可以推知下列关系正确的是_____。

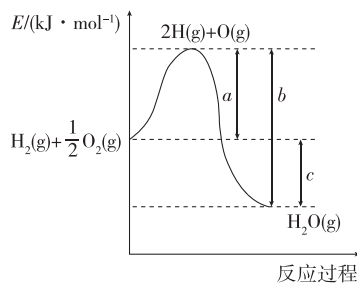
- A. $Q_1 > Q_3$
- B. $Q_2 > Q_3$
- C. $2Q_1 + Q_2 < 2Q_3$
- D. $2Q_1 + Q_2 < 4Q_3$
- E. $Q_1 + Q_2 > Q_3$
- F. $Q_1 + Q_2 < Q_3$

5. [2024·四川南充高级中学高一期中] 根据相关知识,回答下列问题:

(1)下列变化:①铝片与稀盐酸的反应;② NH_4Cl 晶体与 $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体混合反应;③浓硫酸溶于水;④氯酸钾分解制氧气;⑤生石灰与水反应生成熟石灰;⑥ H_2 在 Cl_2 中燃烧。

属于吸热反应的是_____ (填序号),属于放热反应的是_____ (填序号),写出②中发生反应的化学方程式:_____。

(2)已知反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ 在反应过程中的能量变化如图所示。



从图中可知,断开反应物[$1\text{ mol H}_2(\text{g})$ 和 $\frac{1}{2}\text{ mol O}_2(\text{g})$]中的化学键吸收的能量为_____ kJ (用字母表示,下同),形成生成物[$1\text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$]中的化学键放出的能量为_____ kJ ,该反应是_____ (填“吸热”或“放热”)反应。

第2课时 燃料燃烧释放的能量 氢燃料的应用前景

新课探究

知识导学 素养初识

◆ 学习任务一 燃料燃烧释放的热量

【课前自主预习】

1. 热值：

在一定条件下_____的可燃物_____所放出的热。

2. 比较几种不同燃料的热值(见下表)：

物质	天然气	石油	煤炭	氢气
热值/(kJ·g ⁻¹)	约 56	约 48	约 33	143

分析发现_____是最理想的燃料，理由是_____的热值最高，但考虑_____在制备、存储、运输、开采成本等方面存在诸多问题，所以煤、石油等化石燃料仍然是当今较为主要的能源。

3. 燃料利用存在亟待解决的问题

(1)煤等化石燃料的燃烧常常伴随着大量烟尘、_____等有毒有害物质的排放。

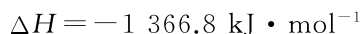
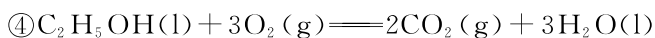
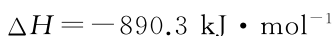
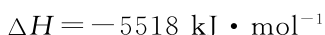
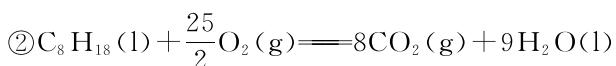
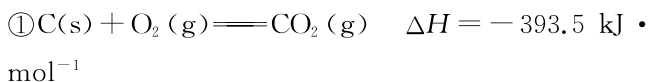
(2)SO₂、NO_x 还能导致_____，对环境的破坏非常严重。

(3)燃料燃烧过程中，一般只有约 $\frac{1}{3}$ 的能量可以实现有效转化，其他部分则转化为废热排出或损耗掉，燃料使用效率不高。

【情境问题思考】

从空间站建成到新型火箭研制，中国航天继续“超级模式”。你一定很想知道航天运载火箭中所装燃料产生的热能从何而来，它与化学物质和化学反应有什么关系？人类自从学会了用火，便以草、木等作为燃料，利用燃烧反应放出的热从事各种活动。而后，煤炭、石油等化石燃料相继被开采出来，供人类使用，燃料的更替为人类工业文明的产生和发展奠定了基础。生活中常见的燃料有煤炭、石油、天然气等化石燃料。化石燃料总有一天会枯竭，人类还要不断开发使用新的能源。

问题：常见燃料 C、C₈H₁₈、CH₄、C₂H₅OH(乙醇)完全燃烧的热化学方程式可以分别表示为



(1)完全燃烧相等物质的量的上述物质，放出热的大小顺序是_____。

(2)完全燃烧相等质量的上述物质，放出热的大小顺序为_____。

(3)燃料燃烧放出热的大小常用热值来衡量。燃料的热值是指在一定条件下单位质量的可燃物完全燃烧所放出的热量，单位是_____。

【核心知识讲解】

1. 燃料燃烧释放的热量

(1)特点

质量不同的不同燃料，由于它们的热值不同，完全燃烧后放出的热不相同。

(2)计算方法

燃料燃烧放出的热=形成生成物中的化学键放出的总能量-断裂反应物中的化学键吸收的总能量。

2. 解决燃料燃烧存在的问题的研究方向

(1)节约现有能源，尤其是减少作为燃料的煤和石油的开采。

(2)提高燃料的使用效率，减少对环境的污染。

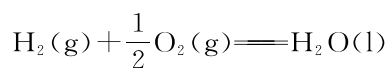
①通过化学方法将石油、煤等化石燃料转化为清洁燃料；

②研究化石燃料完全燃烧的条件和减少燃料燃烧产生热损耗的技术，研究提高燃料利用率的措施。

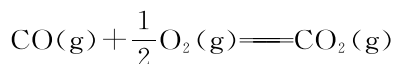
(3)确保能源安全，积极开发优质的新能源，如氢能、水能、太阳能等。

【知识迁移应用】

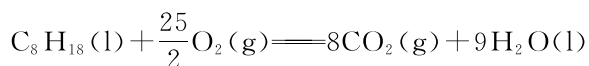
例 1 已知下列物质燃烧的热化学方程式分别为



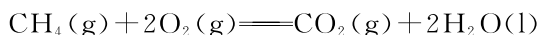
$$\Delta H = -285.8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$\Delta H = -283 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



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



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

相同质量的 H_2 、 CO 、 C_8H_{18} 、 CH_4 完全燃烧时,放出热量最少的是 ()

- A. $\text{H}_2(\text{g})$ B. $\text{CO}(\text{g})$
C. $\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$ D. $\text{CH}_4(\text{g})$

【规律小结】

燃料燃烧是燃料、助燃剂发生剧烈的氧化还原反应,在生成新物质的同时还放热,即由化学能转化为热能释放出来。燃烧放热反应中参加燃烧反应的各物质的能量总和大于各生成物的能量总和。

◆ 学习任务二 氢燃料的应用前景

【课前自主预习】

1. 氢气的制备方法

(1) 电解法

电解法制氢是目前用得最多的方法。但耗费大量的 _____,成本太高,难以普遍使用。

(2) 光解法

在催化剂作用下利用太阳能,将水分解生成氢气。这种方法是制氢气的主要研究方向。其主要难题是催化剂的选择和制取。

(3) 生物法

利用蓝绿藻等低等植物和微生物在阳光作用下使水分解释放氢气。

2. 氢气的贮存

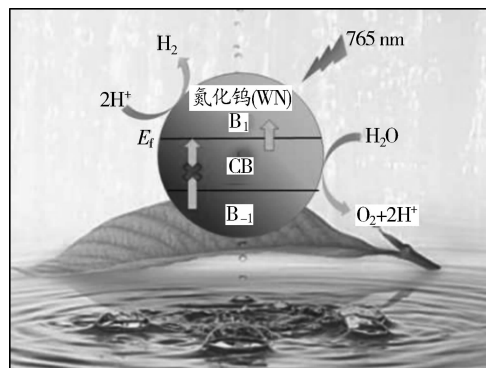
氢气密度小,熔点低,难液化,贮存液氢的容器要求高。科学家正致力于研究具备良好吸收和释放氢气性能的合金(如镧镍合金等),这将为解决氢气贮存问题开辟新的方向。贮氢合金在一定条件下吸收氢气形成金属氢化物,在加热时又可释放氢气。

3. 太阳能的利用

	实例	能量转化方式
直接利用	光合作用	光能转化为 _____ 能
	太阳能热水器	光能转化为 _____ 能
	太阳能电池	光能转化为 _____ 能
	光解水制氢气	光能转化为 _____ 能
间接利用	化石燃料	太阳能间接转化为 _____ 能

【情境问题思考】

华东理工大学材料科学与工程学院在太阳能光解水领域取得重要进展,以金属性光催化材料氮化钨为催化剂,光解水获得 H_2 和 O_2 ,获取氢能源。



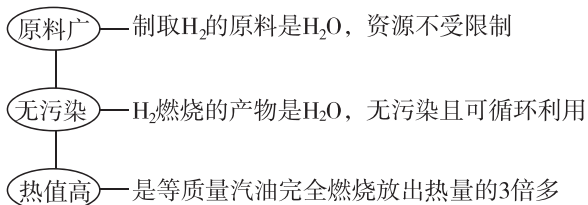
问题一:太阳能光解水的过程中,主要发生的能量转化形式是什么?

问题二:氢能是公认的新型清洁能源,推测氢能具有哪些优点和缺点?

【核心知识讲解】

氢能的开发和利用

1. 氢能的优点



2. 氢能利用存在的问题

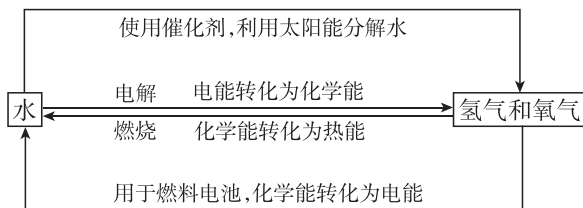
(1) 廉价的制氢技术——首要难点

原因: 制氢需要消耗大量的能量且效率低。

(2) 安全可靠的贮氢和输氢方法——关键

原因: H_2 密度小, 熔点低, 难液化。

3. 氢能的产生和利用途径



【知识迁移应用】

例 2 关于用水制取二级能源氢气, 以下研究方向不正确的是 ()

- 构成水的氢和氧都是可以燃烧的物质, 因此可研究在水不分解的情况下, 使氢成为二级能源
- 设法将太阳光聚焦, 产生高温使水分解产生氢气
- 寻找高效催化剂, 使水分解产生氢气
- 寻找特殊化学物质, 用于开发廉价能源, 以分解水制取氢气

课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断下列说法是否正确(错的打“×”, 对的打“√”)。

- 地球上所有可利用的能源都直接或间接来自太阳。 ()
- 煤、石油、天然气等化石燃料与太阳能无关。 ()
- 太阳能热水器是将太阳能转化为化学能。 ()
- 天然气属于二次能源。 ()
- 氢能是不可再生能源。 ()
- 氢能是一种无污染的绿色能源。 ()

2. 化学与能源开发、环境保护、资源利用等密切相关。下列说法正确的是 ()

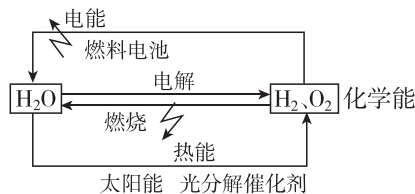
- 天然气、石油、流水、风力、氢气为一次能源
- 无论是风力发电还是火力发电, 都是将化学能转化为电能
- $PM_{2.5}$ 中含有的铅、镉、铬、钒、砷等对人体有害的元素均是金属元素
- 发展低碳经济、循环经济, 推广可利用太阳能、风能的城市照明系统

3. 下列措施可以提高燃料燃烧效率的是 ()

- 提高燃料的着火点
- 降低燃料的着火点
- 将固体燃料粉碎
- 将液体燃料雾化处理
- 将煤进行气化处理
- 通入适当过量的空气

- ①③④⑤
- ②③⑤⑥
- ③④⑤⑥
- ①②③④

4. 分析下图并回答以下问题。



- 电解水生成 H_2 , 首先要解决的问题是_____。
- 氢气作为理想的“绿色能源”的主要理由是_____。

5. 能源是国民经济发展的重要基础, 我国目前使用的能源主要是化石燃料, 氢气是一种很有发展前景的新能源。

(1) 在 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 101 kPa 时, $16\text{ g CH}_4(\text{g})$ 完全燃烧生成液态水时放出的热是 890.31 kJ , 则 CH_4 燃烧的热化学方程式是_____。

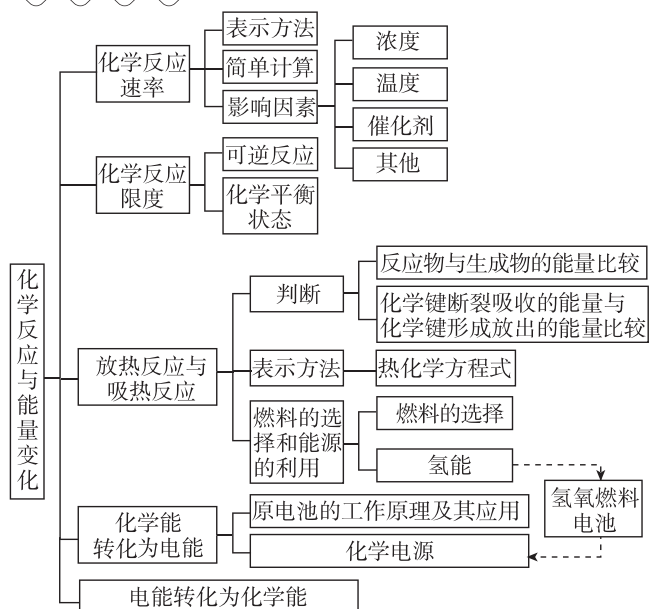
(2) 葡萄糖是人体所需能量的重要来源之一, 设它在人体组织中完全氧化时的热化学方程式为 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) = 6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\Delta H = -2799\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 计算 100 g 葡萄糖在人体组织中完全氧化时产生的热量为_____。

(3) 用 H_2S 热分解制氢时, 常向反应器中通入一定比例空气, 使部分 H_2S 燃烧, 其目的是_____。

► 专题素养提升

核心素养发展重点	
变化观念与平衡思想	认识化学变化有一定限度、速率,是可以调控的,培养学生变化观念与平衡思想的学科核心素养
宏观辨识与微观探析	能从宏观和微观相结合的视角分析反应放热或吸热的原因,培养宏观辨识与微观探析的学科核心素养
证据推理与模型认知	通过原电池工作原理及化学电源的学习,建立认知模型,并能运用模型解释化学现象,揭示现象的本质和规律,培养证据推理与模型认知的学科核心素养
科学态度与社会责任	通过对氢能的学习,增强节约资源、保护环境可持续发展意识,培养科学态度与社会责任的学科核心素养

知识网络



素养提升

◆ 探究点一 化学平衡状态的判断

1. 直接标志

(1) $v_{\text{正}} = v_{\text{逆}} \neq 0$

- ①同一种物质的生成速率等于消耗速率;
- ②在化学方程式同一边的不同物质生成速率与消耗速率之比等于化学计量数之比;
- ③在化学方程式两边的不同物质生成(或消耗)速率之比等于化学计量数之比。

(2)各组分的浓度保持一定

- ①各组分的浓度不随时间的改变而改变;
- ②各组分的物质的量分数、体积分数不随时间的改变而改变。

2. 间接标志

(1)反应体系中总压强不随时间变化(适用于恒温

恒容条件下反应前后气体分子数不等的反应)。

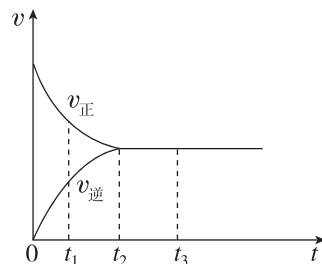
(2)混合气体的密度不随时间变化(适用于等压条件下反应前后气体分子数不等的反应和等容条件下有固体、液体参与或生成的反应)。

(3)对于反应混合物中存在有颜色的物质的可逆反应,若体系颜色不再变化,则反应达到平衡状态。

例 1 [2025·河北衡水武强中学高一期中] 一定温度下,在容积不变的密闭容器中进行如下可逆反应: $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$, 下列说法能表明该反应已达到化学平衡状态的有 ()

- ① $v_{\text{正}}(\text{H}_2\text{O}) = v_{\text{逆}}(\text{H}_2)$
 - ② CO 的体积分数不再变化
 - ③容器内气体压强不再变化
 - ④ H_2O 、 CO 的浓度之比为 1 : 1
 - ⑤混合气体的平均摩尔质量不再变化
 - ⑥混合气体的密度不再改变
 - ⑦ 2 mol H—O 断裂的同时有 2 mol H—H 形成
- A. 3 B. 4 C. 5 D. 6

变式 [2025·福建福九联盟高一期中联考] 在一定温度下,向某固定容积的密闭容器中充入一定量的 NO_2 气体后,发生反应 $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$, 已知 NO_2 是红棕色气体, N_2O_4 是无色气体。反应速率(v)与时间(t)的关系曲线如图所示。下列叙述正确的是 ()



- A. t_2 时,反应达到平衡,反应不再进行
 B. $t_2 \sim t_3$ 过程中,若消耗 2 mol NO_2 ,同时消耗 2 mol N_2O_4
 C. $t_2 \sim t_3$ 反应过程中容器内的气体颜色不变
 D. $t_2 \sim t_3$ 反应过程中混合气体压强减小

[归纳总结] 不能说明可逆反应达到化学平衡状态的情况

- (1)对于反应前后气体分子数相等的反应,气体总物质的量不变或恒温恒容下气体总压强不变。
 (2)全部由气体参加和生成的反应,恒容时气体密度不变。
 (3)各组分的浓度相等或成某一比例。
 (4)不指明 $v_{\text{正}}$ 或 $v_{\text{逆}}$,或指明 $v_{\text{正}}$ 和 $v_{\text{逆}}$,但用不同物质表示时的比例关系不符合化学计量数之比。
 (5)反应物和生成物全部是气体,且反应前后气体分子数不变的反应,平均相对分子质量不变。

◆ 探究点二 热化学方程式中有关 ΔH 的常用计算方法

1. 根据热化学方程式计算

热化学方程式中各物质化学式前面的化学计量数表示物质的量,化学计量数加倍, ΔH 的数值亦加倍,因此,热化学方程式中各物质的物质的量与 ΔH 的数值成正比。

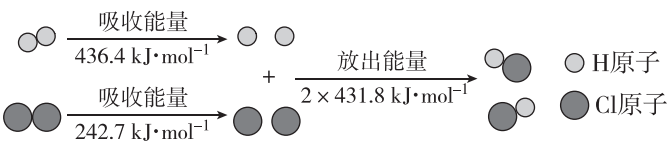
2. 根据键能估算

键能的大小可以衡量化学键的强弱,也可用于估算化学反应的 ΔH ,化学反应的 ΔH 等于反应中断裂的旧化学键的键能之和与反应中形成的新化学键的键能之和的差,即 $\Delta H = \text{反应物的键能总和} - \text{生成物的键能总和}$ 。

3. 根据反应物、生成物的总能量计算

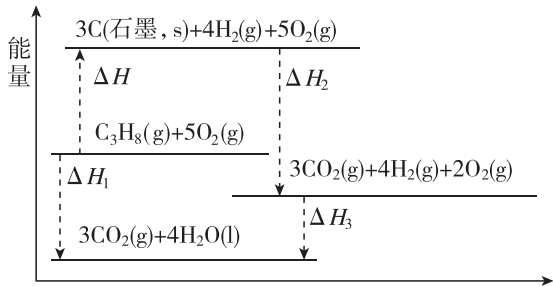
任何化学反应都要遵循能量守恒,即反应物的总能量 + 断键时吸收的总能量 = 生成物的总能量 + 成键时释放的总能量,由此可得计算公式: $\Delta H = E_{\text{生成物}} - E_{\text{反应物}}$ 。

例 2 [2025 · 江苏连云港赣榆高一期中] $\text{H}_2(\text{g})$ 和 $\text{Cl}_2(\text{g})$ 反应生成 $\text{HCl}(\text{g})$ 过程中的能量变化如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 2 mol 气态氢原子结合生成 $\text{H}_2(\text{g})$ 时,吸收 436.4 kJ 能量
 B. 断开 1 mol $\text{HCl}(\text{g})$ 中化学键需要吸收 431.8 kJ 能量
 C. $\text{Cl}_2(\text{g})$ 中的 $\text{Cl}-\text{Cl}$ 比 $\text{HCl}(\text{g})$ 中的 $\text{H}-\text{Cl}$ 牢固
 D. $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HCl}(\text{g})$
 $\Delta H = +184.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

变式 (1)有关研究需要得到反应 $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) \rightleftharpoons 3\text{C}(\text{石墨}, \text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g})$ 的 ΔH ,但测定实验难进行。由如下设计图可计算得到 ΔH _____ (填“>”“<”或“=”)0。



(2)已知在压强为 $a \text{ MPa}$ 、 500°C 下,2 mol $\text{H}_2(\text{g})$ 和 1 mol $\text{CO}_2(\text{g})$ 在某密闭容器中反应,生成水蒸气和气态二甲醚(CH_3OCH_3)。其中 CO_2 的转化率为 60%,此过程中放出 $0.3Q \text{ kJ}$ 的热。此反应的热化学方程式为 _____。

(3)已知下列各种共价键的键能: $\text{C}-\text{H}: a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $\text{O}-\text{H}: b \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $\text{O}=\text{O}: c \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $\text{C}=\text{O}: d \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。写出甲烷气体完全燃烧生成 CO_2 气体和气态水的热化学方程式: _____。

[归纳总结]

利用键能计算 ΔH 的关键,就是要算清物质中化学键的数目,清楚中学阶段常见单质、化合物中所含共价键的种类和数目。

物质 (化学键)	CO_2 ($\text{C}=\text{O}$)	CH_4 ($\text{C}-\text{H}$)	P_4 ($\text{P}-\text{P}$)	SiO_2 ($\text{Si}-\text{O}$)
每个微粒 所含键数	2	4	6	4
物质 (化学键)	石墨 ($\text{C}-\text{C}$)	金刚石 ($\text{C}-\text{C}$)	S_8 ($\text{S}-\text{S}$)	Si ($\text{Si}-\text{Si}$)
每个微粒 所含键数	1.5	2	8	2

◆ 探究点三 原电池反应与电解反应的比较

	原电池反应	电解反应
原理	使氧化还原反应中的电子进行定向移动,形成电流	电流通过,在电解质溶液中的阳、阴两极引起氧化、还原反应
装置名称	原电池(以 Cu-Zn-稀硫酸原电池为例)	电解池(以碳棒为电极,电解 CuCl ₂ 溶液为例)
装置特点	无外接直流电源	有外接直流电源
形成条件	①一般来说,两个活动性不同的金属作为电极(不活泼金属可用碳棒、铂片等代替) ②合适的电解质溶液 ③形成闭合回路 ④可自发进行的氧化还原反应	①两个电极分别连接到直流电源的正、负极 ②电解质溶液 ③形成闭合回路
电极反应	负极: $\text{Zn}-2\text{e}^{-}=\text{Zn}^{2+}$ (氧化反应) 正极: $2\text{H}^{+}+2\text{e}^{-}=\text{H}_2\uparrow$ (还原反应) 总反应式: $\text{Zn}+2\text{H}^{+}=\text{Zn}^{2+}+\text{H}_2\uparrow$	阳极(与电源正极相连): $2\text{Cl}^{-}-2\text{e}^{-}=\text{Cl}_2\uparrow$ (氧化反应) 阴极(与电源负极相连): $\text{Cu}^{2+}+2\text{e}^{-}=\text{Cu}$ (还原反应) 总反应式: $\text{CuCl}_2\overset{\text{通电}}{=} \text{Cu}+\text{Cl}_2\uparrow$
电子流向	负极→正极(经导线)	电源负极→阴极(经导线) 电源正极←阳极(经导线)
电流方向	正极→负极(经导线)	电源负极←阴极(经导线) 电源正极→阳极(经导线)
能量转化	化学能→电能	电能→化学能
应用	制作化学电源、防止金属腐蚀	冶炼金属(如 Na、Mg、Al)、氯碱工业、电镀、电解精炼等

例 3 某二次电池的充放电反应为 $\text{Fe}+\text{Ni}_2\text{O}_3+3\text{H}_2\text{O}\xrightleftharpoons[\text{充电}]{\text{放电}}\text{Fe}(\text{OH})_2+2\text{Ni}(\text{OH})_2$, 下列推断错误的是 ()

A. 放电时, Fe 为负极

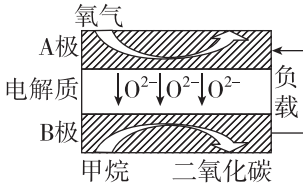
B. 充电时, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 为阳极

C. 放电时, 每转移 2 mol 电子, 正极上有 1 mol Ni_2O_3 被氧化

D. 充电时, 阴极的电极反应式为 $\text{Fe}(\text{OH})_2+2\text{e}^{-}=\text{Fe}+2\text{OH}^{-}$

变式 以甲烷为燃料的新型电池得到广泛的研究, 如图所示是目前研究较多的一类固体氧化物燃料电池的工作原理示意图。下列说法错误的是 ()

- A. 该电池工作时能量由化学能转化为电能
- B. A 极为电池正极, 发生氧化反应
- C. 负极的电极反应式为 $\text{CH}_4+4\text{O}^{2-}-8\text{e}^{-}=\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$
- D. 该电池的总反应为 $\text{CH}_4+2\text{O}_2=\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$



[归纳总结] 燃料电池电极反应式的书写

第一步: 写出燃料电池的总反应式

燃料电池的总反应与燃料的燃烧反应一致, 若产物能和电解液反应, 则总反应为加和后的反应。

如甲烷燃料电池(电解液为 NaOH 溶液)的反应式为

$\text{CH}_4+2\text{O}_2=\text{CO}_2+2\text{H}_2\text{O}$ ①

$\text{CO}_2+2\text{NaOH}=\text{Na}_2\text{CO}_3+\text{H}_2\text{O}$ ②

①式+②式得燃料电池总反应式为 $\text{CH}_4+2\text{O}_2+2\text{NaOH}=\text{Na}_2\text{CO}_3+3\text{H}_2\text{O}$ 。

第二步: 写出电池的正极反应式

根据燃料电池的特点, 一般在正极上发生还原反应的物质是 O_2 , 随着电解质溶液的不同, 其电极反应式有所不同, 大致有以下四种情况。

(1) 酸性电解质溶液环境下的电极反应式:

$\text{O}_2+4\text{H}^{+}+4\text{e}^{-}=2\text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 碱性电解质溶液环境下的电极反应式:

$\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}+4\text{e}^{-}=4\text{OH}^{-}$ 。

(3) 固体电解质(高温下能传导 O^{2-})环境下的电极反应式: $\text{O}_2+4\text{e}^{-}=2\text{O}^{2-}$ 。

(4) 熔融碳酸盐(如熔融 K_2CO_3)环境下的电极反应式: $\text{O}_2+2\text{CO}_2+4\text{e}^{-}=2\text{CO}_3^{2-}$ 。

第三步: 根据电池总反应式和正极反应式, 写出负极反应式

电池反应的总反应式—电池正极反应式=电池负极反应式。因为 O_2 不是负极反应物, 因此两个反应式相减时要彻底消除 O_2 。