

高三年级化学第 10 课时

《真实问题解决 4——以 C、Na 元素为主题的概念原理元素化合物融合》

学习指南

【学习目标】

Na、C 元素，其单质和化合物在工业生产和日常生活中有重要作用和价值；高考命题主要结合反应原理考查：Na 单质、 Na_2O_2 、 NaOH 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、C 单质、 CO 、 CO_2 、某些弱酸如 H_2CO_3 、 CH_3COOH 、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 及其盐、 CH_4 等物质的结构、性质、用途。

- (1) 会描述上述物质的重要物理性质（状态、颜色、密度、毒性、溶解性等）。
- (2) 熟知以上各物质的化学性质，能准确书写相关化学方程式和离子方程式。
- (3) 可以根据元素周期律、反应速率、电离平衡、水解平衡、沉淀溶解平衡、电化学等反应原理解释以上物质的某些性质、相关制备、应用等问题。
- (4) 熟悉化学反应原理题或工业流程题的命题规律及解题思路。

【学法指导】

1. 阅读教材《必修 1》第 3 章第 1、2 节，梳理并牢记重要物质性质及相关实验、方程式等。
2. 阅读学习《选修 4》时的笔记学案。
3. 完成【学习任务】中的知识梳理和典型例题解析。
4. 浏览【学习任务】中表格所列高考题，了解常见的高考命题规律。

【学习任务】

一、近年 Na、C 元素相关的北京高考真题回顾及特点

年份	题号	考点（知识点）
2019	10/11/12	NaCl 电离/ $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 性质/ CH_3COOH 电离/ CH_3COONa 溶液水解
2019	27	高纯氢的制备：陌生方程书写、计算 ΔH 、速率平衡问题、电解池
2018	6/8/9	甲醇、可燃冰燃烧 / 离子键的形成过程 / NaOH 性质
2018	7	CO_2 、 CH_4 制备 CH_3COOH ：原子利用率、化学键、吸放热、化学平衡
2017	9	Na_2O_2 性质
2017	10	CO_2 制取汽油：反应过程示意图、化学键类型、命名
2015	6	淀粉的性质
2015	7	NaOH 碱性、元素周期律 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 热稳定性
2015	9	CO 与 O 催化成键：能量图、断键成键过程、吸放热、化学键类型
2015	27	CO_2 在海洋中循环：离子方程式、同位素示踪法、定量计算、画装置图、电解池
2014	6	甲醇、 NaOH 危险化学品种类
2014	7、9/10/11	Na 单质性质/ Na_2CO_3 性质 / NaHCO_3 性质
2013	8	Na_2CO_3 溶液水解、 CO_2 性质

二、相关知识梳理

(一) Na 元素

1. 钠的性质 (1) 物理性质

(2) 化学性质 → 结合元素周期律、化学键等

① 用电子式表示：NaCl 的形成过程_____

② 下列事实能否用元素周期律解释

a. 碱性：NaOH>Mg(OH)₂

b. 热稳定性：Na₂CO₃>NaHCO₃

c. 金属性：Na>Mg

d. 工业制备 K 单质 $KCl+Na \xrightarrow{850^{\circ}C} NaCl+K$

e. 同浓度溶液的碱性：Na₂CO₃>NaHCO₃

f. Na 与 Cl 形成离子键，Al 与 Cl 形成共价键

g. Na 与冷水剧烈反应，Mg 与冷水较难反应

(3) Na 的制备 方程式：_____

2. 氧化钠和过氧化钠 (1) 两种物质的物理性质

(2) 过氧化钠的化学性质 → 结合用途、物质的量、化学键等

① _____ g Na₂O₂ 与足量 H₂O 反应，转移的电子数为 0.1N_A

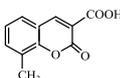
② Na₂O₂ 电子式_____，化学键的类型_____、_____

3. 氢氧化钠 (NaOH) (1) 性质：→ 结合基本实验操作、电化学、滴定、有机等

① 属于那种危险化学品？ 如何称量质量？ 固体、溶液如何保存？

② 画出氯碱工业 (电解 NaCl 溶液制备 NaOH) 示意图

③ 能与 NaOH 反应的官能团_____

④ 1mol  最多能消耗_____ mol NaOH

4. 重要的钠盐 (1) 碳酸钠与碳酸氢钠：俗名、重要的物理性质、化学性质

→ 结合电离、水解、沉淀溶解三大平衡；除杂、半定量离子方程书写；

溶液	a. 0.1mol/L 的 NaHCO ₃ 溶液	b. 0.1mol/L Na ₂ CO ₃ 溶液
俗称		
电荷守恒		
物料守恒		
离子浓度大小比较		
碱性强弱	a____b, 原因:	
	c. 饱和 NaHCO ₃ 溶液	d. 饱和 Na ₂ CO ₃ 溶液
碱性强弱	c____d, 原因:	

用离子方程式解释：

a. 用硫酸铝、碳酸氢钠溶液制备泡沫灭火器_____

b. NaHCO₃ 与 Ca(OH)₂ 的反应 (两种情况) _____

b. 可以用饱和 Na_2CO_3 除去 CO_2 中 HCl 杂质吗? _____ (是 or 否) 解释原因 _____

制法 → 侯氏制碱法(见作业第 4 题)

(2) 氯化钠

写出 NaCl 电离方程式 _____

画出 NaCl 在水溶液中电离过程的示意图

(备注: 1 个 Na^+ 周围有 5 个 H_2O 分子,
1 个 Cl^- 周围有 6 个 H_2O 分子)

用 O 表示

H_2O 分子

\ominus 表示 Cl^- ;

\oplus 表示 Na^+

5. 焰色反应 现象

(二) C 元素

1. C 单质 (1) 列出几种重要的 C 单质 _____

① 列出 C 元素的两种核素 _____, 它们的关系是互为 _____;

(2) 化学性质 注意浓硫酸碳化某有机物产生 C 单质, C 单质继续发生反应的情况

2. CO 、 CO_2

(1) 结构 写出 CO_2 电子式 _____, 结构式 _____。

(2) 物理性质

(3) 化学性质 → 结合物质转化、检验、分离除杂、元素周期律

CO 还原性:

用 CuO 检验 CO 、 CO_2 混合气中的 CO 的方法, 画出装置图

CO_2 类别通性 ① 如何检验 CO 、 CO_2 、 SO_2 混合气中的 CO_2 , 画出装置图

② 如何用一个实验证明酸性: 乙酸 > 碳酸 > 硅酸 (非金属性 $\text{C} > \text{Si}$), 画出装置图

3. 其他含碳物质 → 结合原子结构, 元素周期律

从原子结构角度解释:

① 硅烷 (SiH_4) 的分解温度远低于甲烷的原因 _____

② 碳化硅中碳元素显负价的原因 _____

三、典型例题解析

1 (2019北京 27节选). 氢能源是最具应用前景的能源之一, 高纯氢的制备是目前的研究热点。

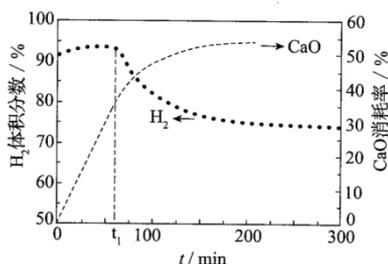
(1) 甲烷水蒸气催化重整是制高纯氢的方法之一。

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

②已知反应器中还存在如下反应:



.....



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

③反应物投料比采用 $n(H_2O) : n(CH_4) = 4 : 1$, 大于初始反应的化学计量数之比, 目的是_____ (选填字母序号)。

- a. 促进 CH_4 转化 b. 促进 CO 转化为 CO_2 c. 减少积炭生成

④用 CaO 可以去除 CO_2 。 H_2 体积分数和 CaO 消耗率随时间变化关系如右上图所示。从 t_1 时开始, H_2 体积分数显著降低, 单位时间 CaO 消耗率_____ (填“升高”“降低”或“不变”)。此时 CaO 消耗率约为 35%, 但已失效, 结合化学方程式解释原因: _____。

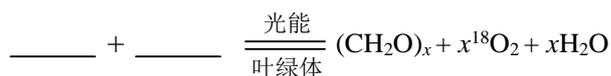
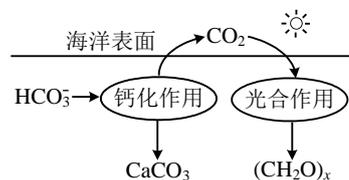
2 (2015 北京 27). 研究 CO_2 在海洋中的转移和归宿, 是当今海洋科学研究的前沿领域。

(1) 溶于海水的 CO_2 主要以 4 种无机碳形式存在, 其中 HCO_3^- 占 95%。写出 CO_2 溶于水产生 HCO_3^- 的方程式: _____。

(2) 在海洋碳循环中, 通过右图所示的途径固碳。

① 写出钙化作用的离子方程式: _____。

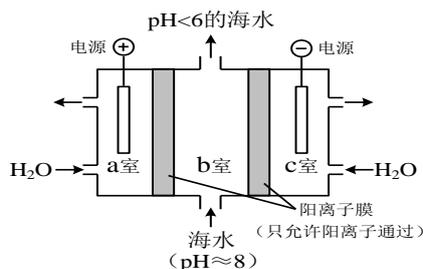
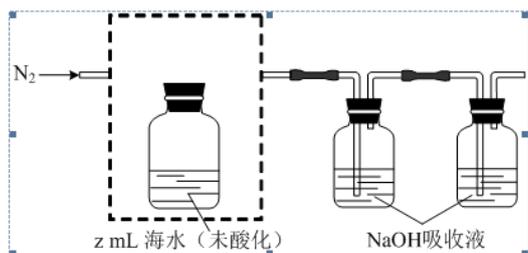
② 同位素示踪法证实光合作用释放出的 O_2 只来自于 H_2O 。用 ^{18}O 标记物质的光合作用的化学方程式如下, 将其补充完整:



(3) 海水中溶解无机碳占海水总碳的 95% 以上, 其准确测量是研究海洋碳循环的基础。测量溶解无机碳, 可采用如下方法: ①气提、吸收 CO_2 。用 N_2 从酸化后的海水中吹出 CO_2 并用碱液吸收 (装置示意图如左下图)。

将虚线框中的装置补充完整并标出所用试剂。

② 滴定。将吸收液吸收的无机碳转化为 $NaHCO_3$, 再用 $x \text{ mol L}^{-1}$ HCl 溶液滴定, 消耗 $y \text{ mL}$ HCl 溶液。海水中溶解无机碳的浓度 = _____ mol L^{-1} 。



(4) 利用右上图所示装置从海水中提取 CO_2 , 有利于减少环境温室气体含量。

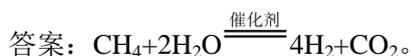
① 结合方程式简述提取 CO_2 的原理: _____。

② 用该装置产生的物质处理 b 室排出的海水，合格后排回大海。处理至合格的方法是_____。

典型例题1 (2019北京 27节选)

【解析】本题以制备高纯氢为情景，考查了反应热的计算、陌生方程书写、化学平衡、反应速率的问题。

(1) ①明确说了产物的种类及比例，根据原子守恒不难写出方程式，注意条件催化剂。



②本题一改往年的考查方式，弱化了计算，强化了反应热的化学意义，更像科研的过程，要求出目标反应热，我还需要找到什么反应的反应热。思考方法是，先处理前两个反应， $i + ii$ 或 $i - ii$ ，再用结果与目标反应iii做运算，

$(i + ii) - iii$ 或 $iii - (i + ii)$ ，

答案： $\text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ 或逆向； $(i - ii) - iii$ 或 $iii - (i - ii)$ ，即 $\text{C}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) = 2\text{CO}(\text{g})$ 或逆向。

③反应物投料比采用 $n(\text{H}_2\text{O}) : n(\text{CH}_4) = 4 : 1$ ，大于初始反应 $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ 的化学计量数之比2:1，投料比变化即改变物质的浓度，即 $c(\text{CH}_4)$ 不变，增大 $c(\text{H}_2\text{O})$ ，三个选项均要分析反应原理，分析反应原理先要确定具体的反应是什么。分析选项，a.分析对象是 CH_4 ，a说促进其转化，即分析与其相关的平衡移动，与 CH_4 、 H_2O 两种物质相关的反应是初始反应 $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ 、 $i. \text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ 这两个，增大 $c(\text{H}_2\text{O})$ ，两个平衡均正向移动，促进 CH_4 转化，a正确，除此以外，还会带来 $c(\text{H}_2)$ 增大的结果。b要分析促进 CO 转化为 CO_2 ，与这两种物质相关的是 $ii. \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$ ，增大 $c(\text{H}_2\text{O})$ ，平衡正向移动，促进 CO 转化为 CO_2 ，b正确。

c选项分析积炭，即分析 $iii. \text{CH}_4(\text{g}) = \text{C}(\text{s}) + 2\text{H}_2(\text{g})$ ，其他反应的平衡移动带来了 $c(\text{H}_2)$ 增大，平衡iii逆向移动，减少积炭，c正确。答案：abc。

④用 CaO 可以去除 CO_2 ，为什么要除 CO_2 呢？理论上，对于初始反应 $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$ 加入 CaO 去除 CO_2 使平衡正移， H_2 体积分数增大。实验数据如图，随着 CaO 的消耗率增大， H_2 体积分数并不是一直增大，而是在 t_1 开始下降。注意审题，第一个空“单位时间 CaO 消耗率”会漏审“单位时间”，横坐标是时间，虚线是 CaO 的消耗率，即为此曲线的斜率降低，化学含义就是单位时间 CaO 消耗率降低，即 $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$ 反应速率减小。此时 CaO 消耗率约为 35%，但已失效，解释原因。从反应速率的角度思考，速率的影响因素：温度、浓度、压强、催化剂、固体表面积，分析后，只有 CaCO_3 覆盖在 CaO 表面，固体表面积减小，速率减小符合题意。

答案：减小。 CaCO_3 覆盖在 CaO 表面，减少了 CO_2 与 CaO 的接触面积。

典型例题2 (2015北京 27)

【解析】本题以 CO_2 在海洋中的转移和归宿为情景，考查了弱电解质的电离、看图写陌生反应方程、绘制气体吸收装置图、定量计算、电解池的知识。

(1) “溶于海水的 CO_2 其中 HCO_3^- 占 95%”题干这句话一直有用， CO_2 溶于水产 4 种无机碳，分别为：溶液中的 $\text{CO}_2(\text{aq})$ 、 H_2CO_3 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 过程为： $\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{aq})$ 、 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ 、 H_2CO_3 是弱酸，两步电离生成分 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 。；生 HCO_3^- 的方程式 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ 。

答案： $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ 。

(2) 审题，固碳示意图，两步过程，本题两问：①分析钙化作用，②分析光合作用，均为根据图示写方程式的题目。①从图中箭头指向可以读出，钙化作用反应物有 HCO_3^- 、根据产物有 CO_2 、 CaCO_3 ，推断反应物还有溶液中

的 Ca^{2+} ，产物 CO_2 、 CaCO_3 不与 OH^- 、 H^+ 共存，反应中不可以出现这两种微粒。

答案：① $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。

②涉及到字母而非数字系数的配平，反应中有 C、H、O、 ^{18}O 四种原子，观察法利用原子守恒即可配平。光合作用是 CO_2 与 H_2O 生成 O_2 ，题目说释放的 O_2 只来自于 H_2O ，则两种反应物是 CO_2 与 H_2^{18}O ，产物 x 个 $^{18}\text{O}_2$ ， $2x$ 个 ^{18}O ，则 H_2^{18}O 配 $2x$ ，产物 1 个 $(\text{CH}_2\text{O})_x$ ， x 个 C 原子，则 CO_2 配 x ，检查一下 H、O 原子，此反应得以配平。答案：② $x\text{CO}_2 + 2x\text{H}_2^{18}\text{O}$

(3) 审题，(1) 题干“水中无机碳主要是 HCO_3^- ”，(3) ① 题干“用 N_2 从酸化后的海水中吹出 CO_2 并用碱液吸收”，示意图“未酸化”。所以要通过分液漏斗向海水中加酸酸化，选用稀硫酸而不能选用盐酸，盐酸挥发 HCl 被 NaOH 吸收干扰 CO_2 检验，导气管长进短出，最右侧的 NaOH 吸收液是防止空气中的 CO_2 干扰检验。(3) ② 题干“将吸收液吸收的无机碳转化为 NaHCO_3 ，再用 $x \text{ mol L}^{-1}$ HCl 溶液滴定”即 关系式为 $\text{NaHCO}_3 \sim \text{HCl}$

$n(\text{无机碳}) = n(\text{NaHCO}_3) = n(\text{HCl}) = 10^{-3}xy \text{ mol}$ ， $c(\text{无机碳}) = 10^{-3}xy/10^{-3}z = xy/z \text{ mol L}^{-1}$ 答案： xy/z

(4) 实验目的：电解法海水提取 CO_2 。a、c 室为水，b 室是海水，pH 约为 8 的海水主要为 NaCl 、 NaHCO_3 ，阴极、阳极的电极反应分别为： $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$ 、 $2\text{H}_2\text{O} - 4e^- = 4\text{H}^+ + \text{O}_2 \uparrow$ ，阳极生成的 H^+ 通过阳离子膜进入 b 室，发生 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，生成 CO_2 海水 pH 降为小于 6，b 室中的 Na^+ 通过阳离子膜进入 c 室，c 室可以得到 NaOH 。为了将 b 室排出的 $\text{pH} < 6$ 的海水转化为合格海水，要加 NaOH 调节 pH 约为 8。